

NN31545.1520

A 1520

maart 1984

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

WATER- EN MINERALENUISHOUDING

BIJ TEELTEN OP SUBSTRAAT IN DE PRAKTIJK

A.M.M. van der Burg - Proefstation voor Tuin-  
bouw onder Glas, Naaldwijk

dr. Ph. Hamaker - Instituut voor Cultuurtech-  
niek en Waterhuishouding

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemidde-  
len, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een  
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende  
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de  
conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog  
niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut  
in aanmerking



14 JUNI 1984

117200301 - 01

Deze nota 1520 is ook verschenen als rapport van het Proefstation  
te Naaldwijk.

## I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. BEDRIJFSGEGEVENS	2
2.1. Algemene gegevens	2
2.2. Teeltsystemen	4
2.3. Waterverstrekking aan het gewas	6
3. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK	8
3.1 .Bepaling van het waterverbruik	8
3.2. Bepaling van de drainage	9
3.3. Bepaling van het kunstmestverbruik en de gewas- opname	9
4. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK NAAR DE WATERHUISHOUDING	9
4.1. Waterverbruik, wateropname door het gewas en doorspoeling	9
4.2. Dekking van de waterbehoefte	12
5. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK NAAR DE MINERALEN- HUISHOUDING	14
5.1. Algemeen	14
5.2. Bruto mestverbruik	15
5.3. Opname van stikstof, fosfaat en kalium door het gewas	17
5.4. Bemesting in relatie tot gewasopname	19

	blz.
6. NADERE UITWERKING EN INTERPRETATIE VAN GEGEVENS	22
6.1. Stikstof-, fosfaat-en kaliumconcentraties in druppelwater	22
6.2. Chloride- en natriumconcentraties in druppel-, mat- en drainwater	25
6.3. Waterverbruikbepalende factoren	27
6.3.1. Invloed van meting van afvoer van drainagewater	27
6.3.2. Invloed van de waterkwaliteit	28
6.3.3. Invloed van het teeltsysteem	30
6.4. Minimaal noodzakelijke doorspoeling	30
6.5. Kostenaspecten van bemesting en water- voorziening	31
7. GEWASVERDAMPING BIJ TOMAAT	34
7.1. Gewasverdamping per decade	34
7.2. Vergelijking van verdamping bij teelt in grond en in substraat	37
8. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	38
LITERATUUR	44

## 1. INLEIDING

Bedrijfsonderzoek met betrekking tot de water- en mineralenhuishouding bij teelt in de grond werd eerder uitgevoerd voor de gewassen tomaat en chrysant. Daarbij bleek dat in de praktijk grote verschillen in het water- en meststoffenverbruik tussen bedrijven voorkomen.

Hier is eenzelfde type onderzoek bij de teelt op substraat van respectievelijk komkommer, tomaat en paprika aan de orde. Bij het onderzoek, dat plaatsvond in het teeltseizoen 1981-1982, waren in totaal 31 glastuinbouwbedrijven in het Zuidhollands Glasdistrict betrokken. De keuze van de bedrijven was primair gebaseerd op de aanwezigheid van een watermeter om het waterverbruik te meten en op de bereidheid van de tuinder om aan het onderzoek mee te werken door regelmatig gegevens met betrekking tot het water- en meststoffenverbruik te noteren.

In hoofdstuk 2 worden relevante gegevens met betrekking tot de bedrijven besproken en in hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de uitvoering van het onderzoek. De belangrijkste resultaten komen aan de orde in de hoofdstukken 4 en 5 voor respectievelijk de waterhuishouding en de mineralenhuishouding. Een en ander wordt nader uitgewerkt in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 wordt verband gelegd tussen de in dit onderzoek verkregen detailgegevens over de verdamping van het gewas tomaat en gegevens uit eerder onderzoek. Hoofdstuk 8 tenslotte geeft een samenvatting van de resultaten van het onderzoek en de daaraan verbonden conclusies. Ook worden suggesties gedaan ten aanzien van aspecten die in verder onderzoek aandacht verdienen.

## 2. BEDRIJFSGEGEVENS

### 2.1. Algemene gegevens

Een aantal algemene gegevens met betrekking tot de 31 bedrijven die bij het onderzoek waren betrokken is opgenomen in tabel 1. De hoofdindeling is gemaakt naar gewas. Bij tomaat en paprika is onderscheid gemaakt in een groep bedrijven waar het overtollige deel van de watergift in een goot werd opgevangen en in recirculatie werd gebracht en een groep bedrijven waar het overtollige water vrij kon wegstromen en via de kasgrond werd afgevoerd. De betreffende bedrijven zullen verder worden aangeduid als respectievelijk bedrijven met recirculatie en bedrijven met drainage. Bij het gewas komkommer speelden alléén bedrijven met drainage mee. Verder is van belang er op te wijzen dat op de bedrijven 10 t/m 13 op veen werd geteeld en op alle andere bedrijven op steenwol.

In de eerste kolom van tabel 1 zijn de nummers opgenomen waarmee verder naar de bedrijven zal worden verwezen. In de tweede kolom is het teeltoppervlak aangegeven. Dit liep uiteen van minimaal  $7200 \text{ m}^2$  (nr. 6) tot maximaal  $33\,800 \text{ m}^2$  (nr. 10). In de derde kolom is de grootte van het regenwaterbassin per ha glas opgenomen. Op de bedrijven waarvoor geen bassingrootte is ingevuld werd de waterbehoefte volledig gedekt met een omgekeerde osmose installatie (nr. 5, 8, 13, 23, 28, 30 en 31).

Gegevens over de herkomst en de kwaliteit van het voor suppletie gebruikte drinkwater zijn opgenomen in de vierde kolom. De concentraties aan chloride ( $\text{Cl}^-$ ) en natrium ( $\text{Na}^+$ ) in het drinkwater dat in het Westland werd geleverd door de Westlandse Drinkwaterleiding Maatschappij (WDM) werden in de periode van onderzoek nog bepaald door de concentraties in het oppervlaktewater dat in de duinen bij Monster werd geïnfilteerd. Opvallend is de hoge  $\text{Na}^+$ -concentratie van het drinkwater in de Hoekse Waard (bedrijf nr. 16 en 19). Het dominerende anion in dit drinkwater was niet  $\text{Cl}^-$  maar bicarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ) met een concentratie van  $6 \text{ mmol.dm}^{-3}$ .

Het teeltplan en de data waarop de onderscheiden teeltperiodes begonnen en eindigden zijn opgenomen in de vijfde en zesde kolom

Tabel 1. Bedrijfsgegevens

Gewas en bedrijfsnummer	Teelt- oppervl. m <sup>2</sup>	Bassin grootte m <sup>3</sup> /ha	Suppletiewater herkomst	Cl <sup>-</sup> mmol/dm <sup>3</sup>	Teelt- plan Na <sup>+</sup> dm <sup>3</sup>	aanvang	Teeltperiode decade/maand	Erva- ring sub- straat jaren	Teelt- systeem	Volume sub- straat dm <sup>3</sup> / plant	Breedte x hoogte steenwol dm x dm	Metho- de water- ver- strek- king	Opvang drainage- water	
tomaat (recircu- latie)	1 21 200	2620	Den Haag	2,0	2,0	tt	3/12	2/11	1	ssag	4,5	1,0 x 0,75	h	ja
	2 14 000	3210	"	2,0	2,0	tt	3/12	3/8	0	bsag	1,8	1,2 x 0,75	ns	-
	3 8 100	3700	"	2,0	2,0	dt	1/1	2/9	0	bsag	3,4	1,5 x 0,75	ns	-
tomaat (drainage)	4 18 300	2190	"	2,0	2,0	tt	1/12	2/10	0	ssiv	5,6	1,5 x 0,75	ns	ja
	5 9 600	-	Osmose	2,0	2,0	tt	3/12	2/10	0	ssag	4,5	1,0 x 1,00	ns	ja
	6 7 200	2760	Den Haag	2,0	2,0	tt	2/12	2/11	0	ssiv	5,6	1,5 x 0,75	ns	ja
	7 14 500	2770	Westland	3,7	3,0	tt	3/12	2/11	1	ssih	6,8	1,5 x 0,75	ns	neen
tomaat (drainage veen)	8 21 000	-	Osmose	2,0	2,0	tt	1/12	1/11	1	ssiv	6,8	1,5 x 0,75	ns	neen
	9 9 800	2750	Den Haag	2,0	2,0	tt	2/1	1/11	0	ssag	4,5	1,0 x 0,75	ns	ja
	10 33 800	1320	Rotterdam	1,9	1,7	tt	1/12	2/11	2	vb	10,0	-	w	ja
komkommer (drainage)	11 13 500	1500	Westland	3,7	3,0	dt	1/1	1/11	3	vb	10,0	-	w	ja
	12 16 000	3125	Westland	3,7	3,0	tt	1/1	2/10	?	vb	10,0	-	w	ja
	13 11 800	-	Osmose	2,0	2,0	dt	3/12	1/11	1	vb	12,5	-	w	neen
paprika (recircu- latie)	14 11 100	1620	Den Haag	2,0	2,0	dt	1/1	3/9	0	ssag	6,0	1,5 x 1,00	ns	neen
	15 12 500	1200	Ooltgensplaat	3,1	2,9	nt	3/12 (20/6- 6/7)	2/10	?	sshg	6,0	2,0 x 0,75	t	neen
	16 8 600	2210	Hoekse Waard	2,5	4,5	dt	1/1	2/10	>1	ssih	9,0	3,0 x 0,75	t	neen
	17 13 000	1540	Den Haag	2,0	2,0	dt	3/12	3/8	5	ssiv	9,0	3,0 x 0,75	w	neen
	18 10 000	2100	"	2,0	2,0	nt	2/12 (15/8-23/8)	3/10	3	sshg	4,0	1,0 x 1,00	ns	neen
	19 11 600	2590	Hoekse Waard	2,5	4,5	nt	1/1 (10/6- 8/7)	1/11	3	sshg	6,0	1,5 x 1,00	t	neen
	20 14 500	2620	Den Haag	2,0	2,0	nt	2/12 (20/8-24/8)	1/11	0	ssiv	9,0	3,0 x 0,75	ns	neen
	21 15 100	1730	"	2,0	2,0	nt	2/12 (25/6- 1/7)	3/10	4	ssiv	9,0	3,0 x 0,75	w	neen
22 9 000	3890	"	2,0	2,0	dt	3/12	1/10	0	sshg	4,0	1,0 x 1,00	ns	neen	
paprika (drainage)	23 9 000	-	Osmose	2,0	2,0	dt	1/12	2/10	0	bsag	2,0	1,5 x 1,00	c	-
	24 30 000	2000	Den Haag	2,0	2,0	dt	1/12	3/10	1	bsag	1,7	1,5 x 0,75	c	-
	25 10 700	2600	"	2,0	2,0	dt	2/12	2/10	2	bsag	1,7	1,5 x 0,75	c	-
	26 15 500	4190	"	2,0	2,0	dt	1/12	2/10	2	bsag	2,4	1,2 x 0,75	c	-
	27 20 000	1500	"	2,0	2,0	dt	2/12	1/11	0	bsag	1,7	1,5 x 0,75	c	-
	28 7 500	-	Osmose	2,0	2,0	dt	1/12	2/10	0	ssag	4,8	1,5 x 0,75	ns	neen
	29 7 400	1000	Den Haag	2,0	2,0	dt	1/12	3/10	1	ssag	4,8	1,5 x 0,75	ns	neen
30 8 000	-	Osmose	2,0	2,0	dt	2/12	1/11	>1	ssih	5,6	1,5 x 0,75	ns	neen	
31 10 000	-	Osmose	2,0	2,0	dt	2/12	3/10	0	ssiv	4,8	1,5 x 0,75	ns	ja	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			

van tabel 1. Bij tomaat werd doorgeteeld (code dt) of tussengeplant (code tt) in de periode april-mei. Bij komkommer werd doorgeteeld (code dt) of werd de hoofdteelt gevolgd door een nateelt (code nt). In het laatste geval (nr. 15, 18, 19, 20 en 21) zijn ook de data aangegeven waarop de hoofdteelt eindigde en de nateelt begon. De duur van de periode zonder gewas in de kas liep uiteen van slechts vier dagen (nr. 20) tot bijna een volle maand (nr. 19).

In de zevende kolom is het aantal jaren ervaring met substraat-teelt aangegeven. Hieruit blijkt, dat op 13 van de 31 bedrijven tijdens de periode van onderzoek voor het eerst op substraat werd geteeld.

## 2.2. T e e l t s y s t e m e n

Er werden vijf teeltsystemen onderscheiden die in de achtste kolom van tabel 1 zijn aangeduid met de codes ssag, bsag, sshg, ssi en vb. Het volume substraat per plant hing hiermee ten dele samen. Gegevens hierover zijn opgenomen in de volgende twee kolommen. De verschillende teeltsystemen worden nu afzonderlijk nader beschreven.

Systeem ssag (strook steenwol in aflopende goot).

Dit systeem werd toegepast op zes bedrijven (nr. 1, 5, 9, 14, 28, 29). Het systeem leende zich voor recirculatie maar dit werd alléén op bedrijf nr. 1 doorgevoerd. Op dit bedrijf was de hoeveelheid water die onderuit de steenwolmat liep en dan via de goot in recirculatie kwam slechts 20 tot 30% van de watergift. Daarom zou wellicht beter van hergebruik van drainwater dan van recirculatie kunnen worden gesproken.

Aanvankelijk werd ook op de bedrijven nr. 5 en 9 gerecirculeerd. Op bedrijf nr. 5 deed zich echter het probleem van ziekteverspreiding via het recirculerende water voor en op bedrijf nr. 9 liep de zinkconcentratie in het recirculerende water te hoog op als gevolg van het contact tussen het opgevangen regenwater en de verzinkte delen van het kasdek.

Op de resterende drie bedrijven (nr. 14, 28 en 29) werd helemaal niet gerecirculeerd. Op de bedrijven nr. 28 en 29 was dit aanvankelijk



wel de bedoeling maar werd vanwege elders in de praktijk optredende ziekteproblemen tenslotte toch daarvan afgezien. Op bedrijf nr. 14 werd gebruik gemaakt van een goot op afschot om de efficiëntie van het waterverbruik te vergroten: bij plaatselijke verstopping van druppelaars konden de betreffende planten gebruik maken van het overtollige en via de goot wegstromende water van naastgelegen planten in dezelfde goot.

#### Systeem bsag ('broodje' steenwol in aflopende goot)

Dit systeem werd toegepast op twee tomatenbedrijven met recirculatie (nr. 2 en 3) en op alle paprikabedrijven met recirculatie (nr. 23 t/m 27). Het onderscheidde zich van het voorgaande systeem doordat de planten niet op een dóórlopende strook steenwol stonden, maar elk afzonderlijk op een 'broodje' steenwol met een lengte van 15 tot 20 cm waren gezet. Het volume steenwol per plant was daardoor relatief klein. De waterverstreking vond in dit geval continu plaats en de watergift lag in de orde van het vijf tot tienvoudige van de maximale wateropname door het gewas. Er kon dus met recht van recirculatie gesproken worden.

#### Systeem sshg (strook steenwol in horizontale goot)

Dit systeem werd alléén toegepast op vier komkommerbedrijven (nr. 15, 18, 19 en 22). De goten waren door plaatsing van tussenschotjes in een aantal compartimenten met een lengte in de orde van drie tot zes meter verdeeld. De randen van de goten waren één tot drie cm hoog. Afvoer van het niet door de plant opgenomen overtollige water vond plaats door het overlopen van de goten. Het permanent in de goot staande laagje water fungeerde als buffervoorraad. In feite was dáárom op deze bedrijven de strook steenwol in een goot gelegd.

#### Systeem ssi (steenwol strook in plastic gewikkeld)

Dit systeem werd op tien bedrijven toegepast (nr. 4, 6, 7, 8, 16, 17, 20, 21, 30 en 31). De steenwol matten werden in wit plastic folie gewikkeld en horizontaal op tempex platen gelegd.

Er is in tabel 1 nog onderscheid gemaakt tussen de subsystemen ssih en ssiv. Bij het ssih-subsysteem waren de insnijdingen in het plastic folie voor afvoer van overtollig water uit de mat horizontaal aan-

gebracht in het zijvlak van de steenwol mat, op gelijke afstand van de twee meest nabije planten, op 1 à 2 cm boven het grondvlak van de mat. Hierdoor werd bereikt dat onderin de mat een laagje water van 1 à 2 cm bleef staan, dat als buffervoorraad diende.

Bij het ssiv-subsysteem waren de insnijdingen verticaal aangebracht op dezelfde plaats en liepen door tot aan het grondvlak van de steenwolmat. In dit geval bleef geen laagje water onderin de mat staan.

Systeem vb (veenbalen)

Dit systeem werd alleen toegepast bij tomaat op de bedrijven 10 t/m 13. Het veen werd verpakt in plastic zakken waarop twee planten konden worden geteeld. Aan de onderzijde waren enkele sneden aangebracht zodat het overtollige water kon wegstromen. Het bewortelbare volume per plant was bij dit systeem naar verhouding groot.

### 2.3. W a t e r v e r s t r e k k i n g a a n h e t g e w a s

De waterverstrekking vond in alle gevallen met uitzondering van de paprikabedrijven met recirculatie (nr. 23 t/m 27) plaats door middel van druppelbevloeiing met één druppelaar per plant. Ter bepaling van het tijdstip van waterverstrekking en van de waterhoeveelheid werden verschillende methoden toegepast die in de tweede kolom van rechts in tabel 1 zijn aangeduid met de codes h, ns, w en t. Bij de volgende afzonderlijke bespreking van deze methoden is tevens van belang of al dan niet opvang en meting van het drainwater plaats vond. Dit is aangegeven in de laatste kolom van tabel 1.

Op de vijf paprikabedrijven met recirculatie vond de waterverstrekking continu (dag en nacht) plaats, niet per plant maar per goot. Dit is in tabel 1 met code c aangeduid.

Waterverstrekking op basis van straling (code h)

Waterverstrekking op basis van meting van de globale straling vond op één bedrijf plaats (nr. 1). Hierbij werd, na het bereiken van een ingestelde stralingssom, gedurende een op een klok ingestelde tijdsduur water verstrekt aan het gewas. De hoeveelheid drainagewater werd gemeten. Dit gegeven werd gebruikt om de tijdsduur van waterverstrekking bij het bereiken van de ingestelde stralingssom bij te stellen met het doel steeds een doorspoeling van 20 tot 30% te handhaven. Het drainagewater werd op dit bedrijf hergebruikt.

Waterverstrekking met behulp van niveauschakelaars (code ns)

Op 16 van de 31 bedrijven werd de waterverstrekking geregeld met behulp van niveau-schakelaars (Nieuwkoop potje). Hierbij was het waterniveau onderin de steenwolmat of in de goot bepalend. Daalde dit niveau door wateropname door het gewas, dan werd het contact met een electrode van de schakelaar verbroken waarna automatisch gedurende een ingestelde tijdsduur water werd verstrekt. Uit tabel 1 (laatste kolom) blijkt dat op sommige bedrijven het drainagewater wel werd opgevangen maar op andere niet. Op bedrijven met opvang van drainwater was een directe controle op de doorspoeling mogelijk. Op grond daarvan werd de positie van de electrode of de tijdsduur van waterverstrekking zonodig bijgesteld. Op bedrijven waar de hoeveelheid drainwater niet werd gemeten vond bijstelling plaats op grond van de concentratie van het water in de steenwol of op grond van de (subjectieve) inzichten van de tuinder.

Waterverstrekking met behulp van weegschalen (code w)

Op alle bedrijven met tomaat geteeld op veen (nr. 10 t/m 13) en op twee bedrijven met komkommer op steenwol (nr. 17 en 21) werd automatisch water verstrekt met behulp van weegschalen waarop substraat met twee planten was geplaatst. Bij het 'doorslaan' van de balans werd gedurende een ingestelde tijd water gegeven. Het uit het substraat lopende drainwater werd al dan niet opgevangen (zie laatste kolom van tabel 1). Bij opvang werd de hoeveelheid drainagewater in aanmerking genomen bij het instellen van de tijdsduur van waterverstrekking na het 'doorslaan' van de weegschaal.

Waterverstrekking met behulp van een tijd klok (code t)

Op drie bedrijven (nr. 15, 16 en 19) werd gebruik gemaakt van een klok waarmee op vaste tijden van de dag water werd verstrekt. De duur van de waterverstrekking werd afhankelijk gesteld van de waterbehoefte. Hierbij speelde de concentratie van het water in de steenwol en het (subjectieve) oordeel van de tuinder een rol.

Continue waterverstrekking (code c)

Dit systeem werd op de paprikabedrijven met recirculatie toegepast. Waterverstrekking vond continu plaats. De per etmaal via de toevoerslangetjes in de goten gebrachte hoeveelheid water kwam

overeen met circa 30 mm. Deze hoeveelheid was groot in verhouding tot de opname door het gewas die op zonnige warme dagen in de orde van maximaal 5 mm ligt.

### 3. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

#### 3.1. B e p a l i n g v a n h e t w a t e r v e r b r u i k

Gegevens met betrekking tot het waterverbruik werden op 24 van de 31 bedrijven verkregen voor de gehele teeltperiode. Op deze bedrijven werd het waterverbruik rechtstreeks gemeten met behulp van watermeters (op 20 bedrijven) of berekend uit de hoeveelheid druppelwater die op een aantal plaatsen in de kas werd opgevangen (op vier bedrijven). De stand van de watermeter respectievelijk de hoeveelheid water in de opvangvaten werd in principe dagelijks door de tuinder genoteerd.

De nauwkeurigheid van de watermeters werd op 17 van de 20 bedrijven nagegaan. Hiertoe werd een hoeveelheid van 1 à 2 m<sup>3</sup> water door de meter gevoerd met een stroomsnelheid die overeenkwam met die bij normaal gebruik. Het door de meter gestroomde water werd opgevangen in een vat en de hoeveelheid werd bepaald. Door de aflezing van de watermeter en de gemeten hoeveelheid water te vergelijken werd voor elke meter een correctiefactor berekend. Op 10 van de 17 bedrijven was het verschil tussen aflezing en meting minder dan 5%, op vijf bedrijven 5 tot 10%, op één bedrijf (nr. 13) circa 15% en op één bedrijf (nr. 18) bijna 20%.

Op de zeven bedrijven waar niet gedurende de gehele teeltperiode waterverbruiksgegevens werden verkregen was dit een gevolg van het defect raken van de watermeter of van het onregelmatig of niet noteren van de watermeterstand door de tuinder. Toch was het mogelijk ook voor deze bedrijven tot een redelijke schatting van het totale waterverbruik te komen via het kunstmestverbruik. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk nader ingegaan.

Voor de bedrijven met gebruik van drinkwater voor suppletie (alle bedrijven behalve nr. 5, 8, 13, 23, 28, 30 en 31) werden via de tuinders de totale hoeveelheden drinkwater verkregen die gedurende de teeltperiode van de waterleidingbedrijven waren afgenomen.

### 3.2. B e p a l i n g v a n d e d r a i n a g e

In tabel 1 (laatste kolom) is aangegeven op welke negen bedrijven het drainagewater werd opgevangen. De betreffende tuinders gebruikten de hoeveelheid drainagewater als hulpmiddel om de watergift op de behoefte van het gewas af te stemmen. Op vier van deze bedrijven (nr. 4, 5, 10 en 11) werd de opgevangen hoeveelheid drainagewater ook dagelijks genoteerd. Op één bedrijf (nr. 5, steenwolstrook in aflopende goot) had dit betrekking op het drainagewater van de totale teeltoppervlakte. Op de overige drie bedrijven (nr. 4, 10 en 11 zonder goot) was dit het drainagewater van groepjes van enkele planten verspreid over de kas.

### 3.3. B e p a l i n g v a n h e t k u n s t m e s t v e r b r u i k e n d e g e w a s o p n a m e

Gegevens over het kunstmestverbruik werden voor alle bij het onderzoek betrokken bedrijven verkregen. Hiertoe werd de via de handel betrokken kunstmest naar hoeveelheid en mestsoort genoteerd door de tuinders.

Gegevens over de opname van mineralen door het gewas werden alléén verkregen voor paprika (op bedrijf nr. 26). Daartoe werd tijdens de teelt tweemaal een vruchtmonster en éénmaal een monster van het snoeimateriaal genomen. Van het afgedragen gewas werden één blad- en één stengelmonster samengesteld uit acht planten. Van alle monsters werd het versgewicht bepaald alsmede het drogestof gehalte en de minerale samenstelling van de droge stof.

## 4. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK NAAR DE WATERHUISHOUDING

### 4.1. W a t e r v e r b r u i k , w a t e r o p n a m e d o o r h e t g e w a s e n d o o r s p o e l i n g

De blokdiagrammen in fig. 1 en 2 hebben betrekking op de waterhuishouding. De bedrijven zijn ingedeeld in groepen, overeenkomstig de indeling van tabel 1.

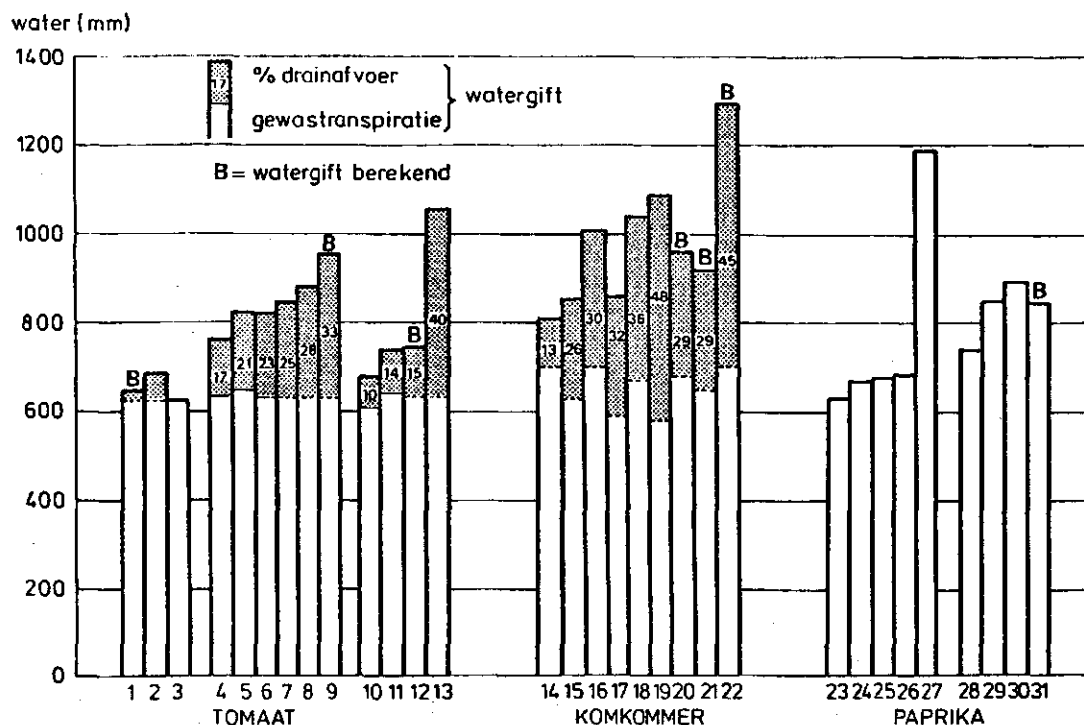


Fig. 1. Watergift, gewastranspiratie en drainageafvoer (doorspoeling) voor de periode van 1 januari tot 20 oktober 1982

Fig. 1 heeft betrekking op het totale waterverbruik en de verdeling daarvan over de opname door het gewas en de doorspoeling. De gegevens hebben betrekking op de periode vanaf 1 januari tot 20 oktober 1982. Waar de werkelijke teeltperiode korter was is het werkelijke waterverbruik verhoogd met een fictieve hoeveelheid, verkregen door extrapolatie van het verbruik in de werkelijke teeltperiode. Deze correctie was vooral van betekenis op de bedrijven waar de teelt al in augustus werd beëindigd (nr. 2 en 17, zie tabel 1) en in mindere mate op de bedrijven waar de teelt in september werd beëindigd (nr. 3 en 14).

Zoals eerder uiteengezet werden op zeven bedrijven (1, 9, 12, 20, 21, 22 en 31) géén directe gegevens over het waterverbruik verkregen. In dat geval is de watergift berekend, uitgaande van gegevens over het kunstmestverbruik en de veronderstelde samenstelling van de voedingsoplossing die aan het gewas werd verstrekt. Die veronderstelde samenstelling was gebaseerd op de optimale samenstelling als omschreven door

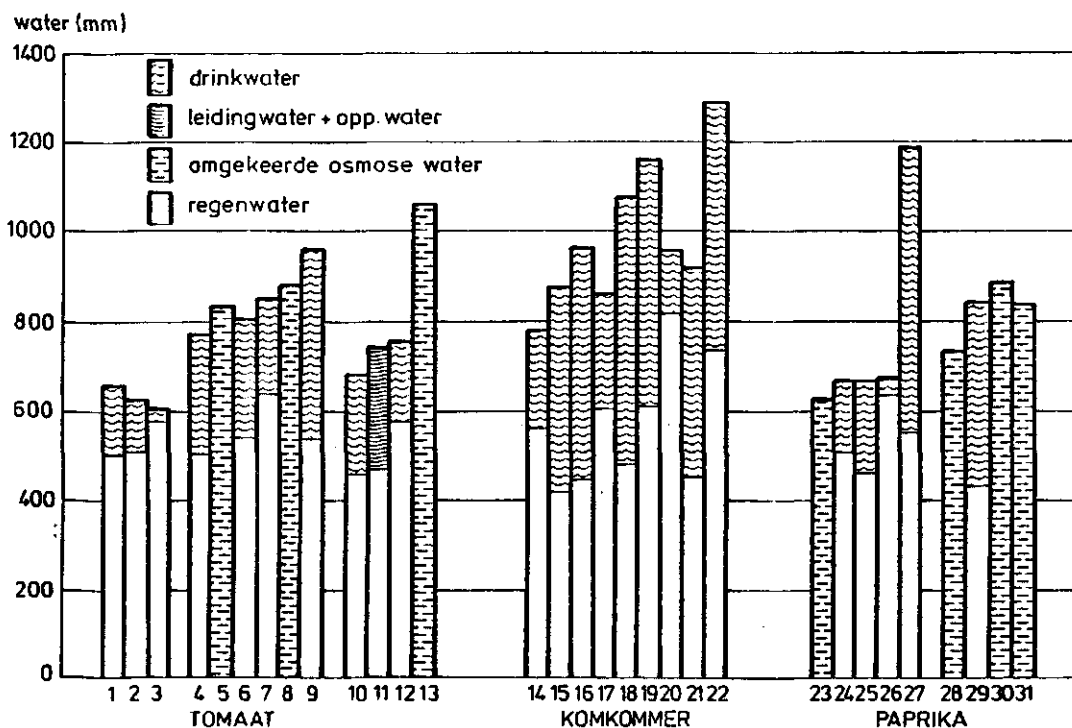


Fig. 2. Dekking van de waterbehoefte door gebruik van omgekeerde osmose water of regenwater in combinatie met drinkwater (en oppervlaktewater op bedrijf nr. 11)

SONNEVELD en VAN DER WEES (1981, 1982a, 1982b) voor de teelt in steenwol van respectievelijk tomaat, komkommer en paprika en door SONNEVELD en BOERTJE (1981) voor de teelt van tomaat in veen. De berekeningen werden per bedrijf uitgevoerd voor zowel stikstof (N) als kalium (K) wat tot vrijwel hetzelfde berekende waterverbruik leidde. In fig. 1 is het aldus verkregen waterverbruik met de letter B bij de betreffende bedrijven aangeduid.

Voor de gewassen tomaat en komkommer is het waterverbruik opgesplitst in de wateropname door het gewas en de doorspoeling. Deze verdeling was slechts voor een viertal bedrijven met tomaat (nr. 4, 5, 10 en 11) gebaseerd op directe meting van de watergift en drainage afvoer. Op de overige bedrijven met tomaat en op alle bedrijven met komkommer was de verdeling gebaseerd op berekeningen die in grote lijnen verliepen als beschreven in de volgende twee alinea's.

Hoe?

Voor de tomatenbedrijven (nr. 1, 2, 6, 7, 8, 9, 12 en 13) werd de wateropname door het gewas gelijkgesteld aan het gemiddelde voor de bedrijven waar wèl directe metingen waren verricht (nr. 4, 5, 10 en 11 dus, plus nr. 3 met recirculatie).

Voor de bedrijven met komkommer werd de wateropname door het gewas berekend via de globale straling, gebruik makend van een relatie die was ontleend aan onderzoek van VAN DER BURG en HAMAKER (1982). Bij die berekeningen is onderscheid gemaakt tussen bedrijven met een doorteelt (nr. 14, 16, 17 en 22) en de bedrijven met een nateelt (nr. 15, 18, 19, 20 en 21).

Voor de paprikabedrijven is géén verdeling in gewasverdamping en doorspoeling gemaakt. In principe zouden de bedrijven met recirculatie (nr. 23 t/m 27) zich bij uitstek moeten lenen voor bepaling van de wateropname door het gewas. Berekeningen met betrekking tot de mineralenbalans hebben echter aangetoond dat niet alleen op bedrijf nr. 27 met een extreem hoog waterverbruik, maar ook op de bedrijven nr. 23 t/m 26 een aanzienlijke hoeveelheid water moet zijn weggelekt. Dit hing duidelijk samen met het overlopen van de goten doordat gedeeltelijke verstopping optrad bij de groei van het wortelstelsel buiten de steenwol in het door de goot stromende water. Dit zou dan vooral in de latere fasen van de teelt verwacht mogen worden. De verdeling van het waterverbruik in de tijd wees inderdaad in die richting.

#### 4.2. D e k k i n g v a n d e w a t e r b e h o e f t e

Het blokdiagram van fig. 2 heeft betrekking op de dekking van de waterbehoefte door gebruik van respectievelijk omgekeerde osmose water of regenwater in combinatie met drinkwater. Het totale waterverbruik is in dit geval het werkelijke verbruik gedurende de in tabel 1 vermelde teeltperiode.

Zeven bedrijven (nr. 5, 8, 13, 23, 28, 30 en 31) beschikten over een omgekeerde osmose installatie van voldoende capaciteit om de waterbehoefte ook in perioden met een piekverbruik volledig te dekken. De overige bedrijven beschikten over een regenwaterbassin waarbij het tekort aan regenwater werd gedekt door gebruik van drinkwater.



Gegevens over het totale drinkwaterverbruik tijdens de teeltperiode werden via de tuinders verkregen. Het regenwaterverbruik werd dan berekend als het verschil tussen het totale verbruik en het drinkwaterverbruik. Op één bedrijf (nr. 11) kon niet volledig aan de piekbehoefte aan drinkwater worden voldaan zodat noodgedwongen ook oppervlaktewater voor suppletie werd gebruikt.

In fig. 3 is het totale regenwatergebruik uitgezet tegen de bassingrootte, beide uitgedrukt in mm water (1 mm komt overeen met  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). De getrokken lijn is gebaseerd op de ligging van de punten.

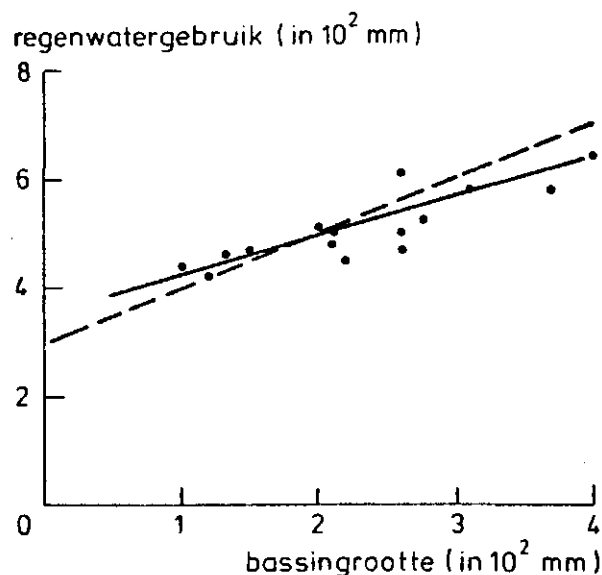


Fig. 3. Regenwatergebruik in relatie tot bassingrootte volgens gegevens van het onderzoek (punten en getrokken lijn) en theoretisch, bij volledige vulling van het bassin in het winterhalfjaar en volledig gebruik van deze regenwatervoorraad in het zomerhalfjaar (onderbroken lijn)

De onderbroken lijn is gebaseerd op de veronderstelling dat verschillen in benutting van het regenwater geheel bepaald zouden worden door verschillen in de regenwatervoorraad aan het begin van de periode

waarin de waterbehoefte in het voorjaar groter wordt dan de neerslag. In dat geval zou dus bijvoorbeeld een bassin met een inhoud van 400 mm leiden tot een regenwaterbenutting die 300 mm hoger ligt dan bij een bassin van 100 mm inhoud. Uit fig. 3 blijkt dat de hellingshoek van de getrokken lijn kleiner is dan die van de onderbroken lijn. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de toename van de benutting van de neerslag bij de toename van de bassingrootte in werkelijkheid kleiner was dan men op grond van verschillen in bergingscapaciteit zou mogen verwachten. Hierbij kunnen de volgende factoren een rol hebben gespeeld. De gegevens met betrekking tot de bassingrootte werden van de tuinders verkregen. Het was echter niet altijd duidelijk of het hierbij ging om de bruto inhoud dan wel om de 'nuttige' inhoud. De laatste kan vooral bij grotere bassins aanzienlijk kleiner zijn omdat rekening gehouden moet worden met opstuwing door de wind. Als tweede factor moet de directe verdamping vanuit het bassin genoemd worden. De verliezen aan water zijn evenredig met het open water oppervlak, dus ruwweg met de bassingrootte. Ook dit leidt dus tot een verhoudingsgewijs minder gunstige situatie bij toenemende bassingrootte.

## 5. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK NAAR DE MINERALENHUISHOUDING

### 5.1. A l g e m e e n

In principe werd op alle bedrijven bemest volgens de richtlijnen van het Proefstation Naaldwijk (SONNEVELD en VAN DER WEES, 1981, 1982a, 1982b en SONNEVELD en BOERTJE, 1981). Bij toepassing van die richtlijnen worden geconcentreerde mestoplossingen bereid volgens vast recept, afgestemd op de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )-, magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )- en bicarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ )-concentraties in het water waarvan wordt uitgegaan (regenwater, drinkwater, osmosewater, regenwater/drinkwater- of regenwater/osmosewater combinaties). De dosering van de geconcentreerde voedingsoplossing vindt dan plaats met behulp van een concentratiemeter/regelaar.

## 5.2. Bruto mestverbruik

In fig. 4 is het bruto mestverbruik van de bedrijven weergegeven in de vorm van een blokdiagram. De gegevens hebben betrekking op de gehele teeltperiode zoals opgenomen in tabel 1. De bemesting vond in hoofdzaak plaats door gebruik van kunstmestzouten.

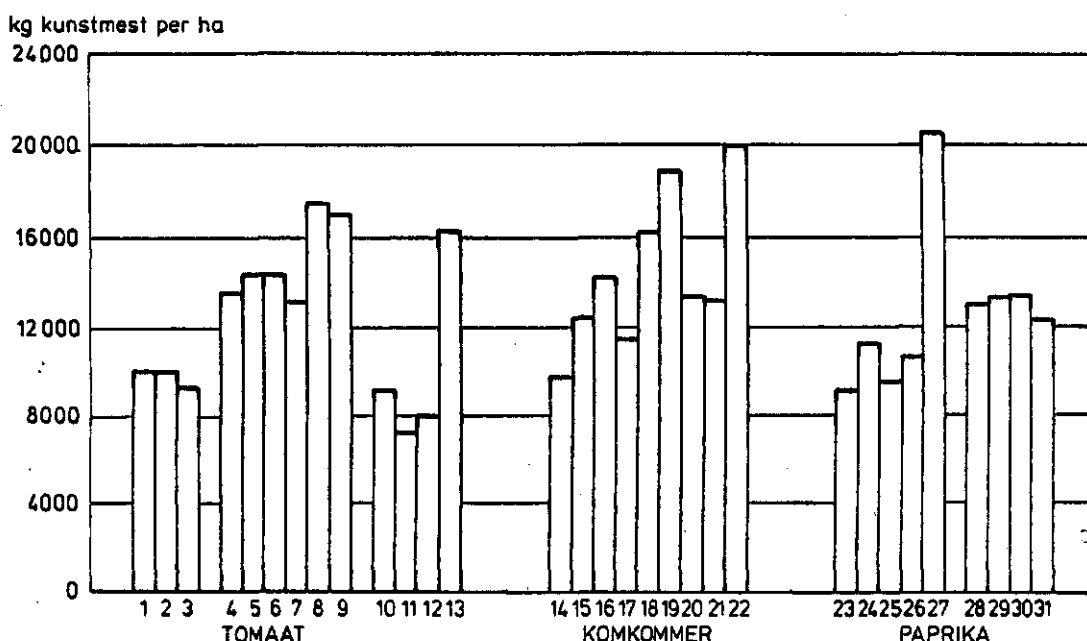


Fig. 4. Bruto kunstmestverbruik op de bedrijven

Op een aantal bedrijven werd bij gebruik van drinkwater ook N en P bemest in de vorm van respectievelijk salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ , 37%) en fosforzuur ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ , 37%). Door gebruik van deze zuren werd het in het drinkwater aanwezige  $\text{HCO}_3^-$  geneutraliseerd. Dit was vooral op de bedrijven nr. 16 en 19 in de Hoekse Waard van belang. De  $\text{HCO}_3^-$ -concentratie in het voor suppletie gebruikte drinkwater lag daar in de orde van  $6,5 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Zo werd bijvoorbeeld op bedrijf nr. 19 per ha circa  $2150 \text{ kg H}_3\text{PO}_4$  en circa  $2200 \text{ kg HNO}_3$  verbruikt. Op deze wijze werd circa  $260 \text{ kg P}$  (60% van de totale P-bemesting) en  $175 \text{ kg N}$  (10% van de totale N-bemesting) toegediend. Het gebruik van  $\text{H}_3\text{PO}_4$  en  $\text{HNO}_3$  als respectievelijk P- en N-meststof op bedrijven waar  $\text{HCO}_3^-$ -concentraties van betekenis in het leidingwater voorkwamen leidde tot een naar

verhouding hoog bruto verbruik van P en N bevattende meststoffen. Dit hield verband met het lage P- en N-gehalte van genoemde zuren in vergelijking met dat van P en N bevattende kunstmestzouten.

Behalve  $\text{HCO}_3^-$  waren ook in het leidingwater aanwezige  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{Mg}^{2+}$  van invloed op het kunstmestverbruik. Bij de samenstelling van de geconcentreerde voedingsoplossingen werd hiermee rekening gehouden door de reeds in het basiswater aanwezige  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{Mg}^{2+}$  in mindering te brengen op de op te lossen hoeveelheden  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{Mg}^{2+}$  bevattende kunstmestzouten.

Het totale mestverbruik liep uiteen van 7,2 tot 20,6 ton per ha. Op de drie tomatenteeltbedrijven met recirculatie (nr. 1, 2 en 3) lag het mestverbruik gemiddeld op 9,5 ton per ha. Hierbij moet worden opgemerkt dat er een kleine hoeveelheid kunstmest verloren ging door lekkage (nr. 3) en door verversing van het water in het systeem bij het oplopen van de  $\text{Cl}^-$ -concentratie in het systeem bij suppletie met leidingwater. Anderzijds was het verbruik op de bedrijven nr. 2 en 3 relatief laag in verband met de naar verhouding korte duur van de teelt (zie tabel 1). Op drie bedrijven met een drainagesysteem en een doorspoelpercentage van circa 20% (nr. 4, 5 en 6) werd gemiddeld 14 ton per ha bemest.

Opvallend was het relatief lage mestverbruik op drie van de vier bedrijven waar werd geteeld op veensubstraat. Dit lage verbruik hing samen met het lage doorspoelpercentage en op bedrijf nr. 11 ook met het tijdelijk bijmengen van oppervlaktewater in het regenwaterbassin. Het geleidingsvermogen (EC) van het basiswater werd daardoor zó hoog dat de tuinder zich genoodzaakt zag de bemesting te beperken om zo- doende de EC in het wortelmilieu binnen aanvaardbare grenzen te houden.

Op de komkommerteeltbedrijven liep het mestverbruik uiteen van circa 10 tot 20 ton per ha. De hoogte van het mestverbruik hing evenals bij de andere gewassen duidelijk samen met het waterverbruik. Bedrijven met een hoog waterverbruik hadden ook een hoog mestverbruik (vergelijk fig. 1 of fig. 2 met fig. 4).

Op vier van de vijf paprikabedrijven met recirculatie (nr. 23, 24, 25 en 26) lag het mestverbruik in de orde van 9 tot 11 ton per ha. Hierbij dient te worden opgemerkt dat er op deze bedrijven aanzienlijke

hoeveelheden water en kunstmest door lekkage verloren moeten zijn gegaan (zie ook volgende paragraaf). Op bedrijf nr. 27 betrof dit naar schatting zelfs een verlies van meer dan 10 ton per ha.

### 5.3. Opname van stikstof, fosfaat en kalium door het gewas

In het huidige onderzoek werden alléén voor paprika op één bedrijf gewasmonsters verzameld om de opname van mineralen te bepalen. De opname door de gewassen tomaat en komkommer werd geschat aan de hand van gegevens van eerder onderzoek.

De opname door het tomatengewas werd geschat met behulp van gegevens van HAMAKER en VAN DER BURG (1979). Die gegevens hadden betrekking op een tomatengewas bij teelt in de grond. Het produktieniveau op dat bedrijf was ruwweg gelijk aan het gemiddelde produktieniveau van circa  $33 \text{ kg.m}^{-2}$  voor de bedrijven in het huidige onderzoek (zie tabel 2).

Tabel 2. Produktiegegevens

Tomaat		Komkommer*		Paprika	
bedrijf nr.	produktie $\text{kg.m}^{-2}$	bedrijf nr.	produktie stuks. $\text{m}^{-2}$	bedrijf nr.	produktie $\text{kg.m}^{-2}$
1	35	14	99	23	18
2	30	15	-	24	19
3	32	16	-	25	17
4	37	17	90	26	17
5	37	18	94	27	17
6	39	19	-	28	17
7	35	20	130	29	18
8	30	21	-	30	18
9	30	22	112	31	18
10	33				
11	-				
12	33				
13	28				

\*exclusief krom en stek

De mineralenopname door het komkommengewas was gebaseerd op gegevens van onderzoek van VAN DER BURG en HAMAKER (1982). Bij dat onderzoek werden op een bedrijf gedetailleerde gegevens verzameld over de opname door het gewas bij een teelt op steenwol. De produktie op dat bedrijf was lager dan de gemiddelde produktie volgens tabel 2 op de bedrijven die bij het huidige onderzoek betrokken waren. Hiermee werd bij de berekeningen rekening gehouden.

De opname van mineralen door het paprikagewas werd berekend uit de gegevens die tijdens het huidige onderzoek werden verzameld op bedrijf nr. 26 (zie par. 3.3). In tabel 3 zijn gegevens over de minerale samenstelling van de droge stof van de verschillende plantendelen opgenomen. De hoeveelheid verse massa, de droge stof produktie en de berekende opname aan mineralen zijn vermeld in tabel 4. Blijkens tabel 2 liep de produktie voor de paprikabedrijven slechts weinig uiteen, zodat de voor bedrijf nr. 26 berekende opname ook als een goede schatting voor de overige paprikabedrijven mag worden beschouwd.

Tabel 3. Minerale samenstelling van de droge stof van het paprikagewas op bedrijf nr. 26

	mmol per kg droge stof							% van droge stof						
	N	P	K	Mg	Ca	Cl	Na	N	P	K	Mg	Ca	Cl	Na
vrucht	1644	133	891	77	30	18	6	2,30	0,41	3,48	0,19	0,12	0,06	0,01
snoei-														
materiaal	3211	156	1599	268	783	30	6	4,50	0,48	3,14	0,65	3,14	0,11	0,01
rest- mate- riaal	2622	126	1807	256	780	20	8	3,67	0,39	7,07	0,62	3,13	0,07	0,02
blad														
ster-														
gel	1095	57	523	130	201	48	33	1,53	0,18	2,05	0,32	0,09	0,17	0,08

Tabel 4. Produktie aan verse massa en droge stof en de totale opname van mineralen door het paprikagewas op bedrijf nr. 26

	Verse massa kg.ha <sup>-1</sup>	Droge stof kg.ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Mg	Ca	Cl	Na
	kg.ha <sup>-1</sup>								
vrucht	171 000	13 000	298	54	452	24	16	8	2
snoeimateriaal	20 000	3 400	153	17	212	22	107	4	1
rest- materiaal	blad	27 850	144	15	277	24	123	3	1
	sten- gel	15 400	3 690	57	7	76	12	30	6
	234 250	24 020	652	93	1017	82	276	21	7

#### 5.4. Bemesting in relatie tot gewasopname

In de fig. 5, 6 en 7 zijn gegevens verwerkt met betrekking tot de bemesting voor respectievelijk N, P en K. De aanvoer van N, P en K werd afgeleid uit de gegevens over de verbruikte hoeveelheden kunstmest en de samenstelling daarvan. In de figuren is tevens het niveau van de opname door de gewassen aangegeven. Dit gegeven berust op de in de vorige paragraaf genoemde schattingen en berekeningen.

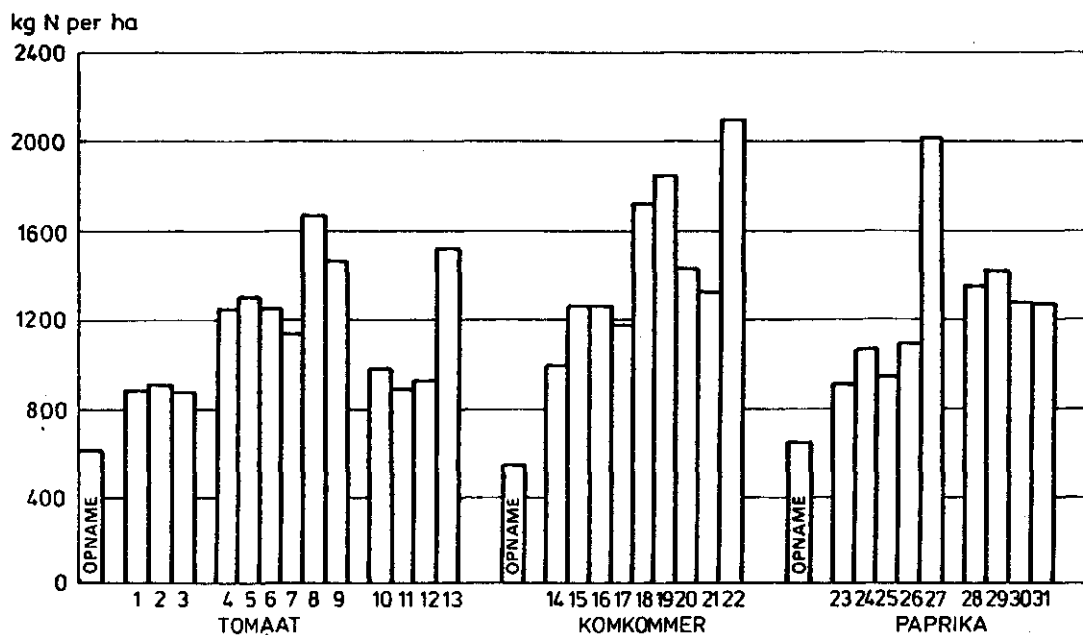


Fig. 5. Stikstofbemesting op de bedrijven en het niveau van de opname door het gewas

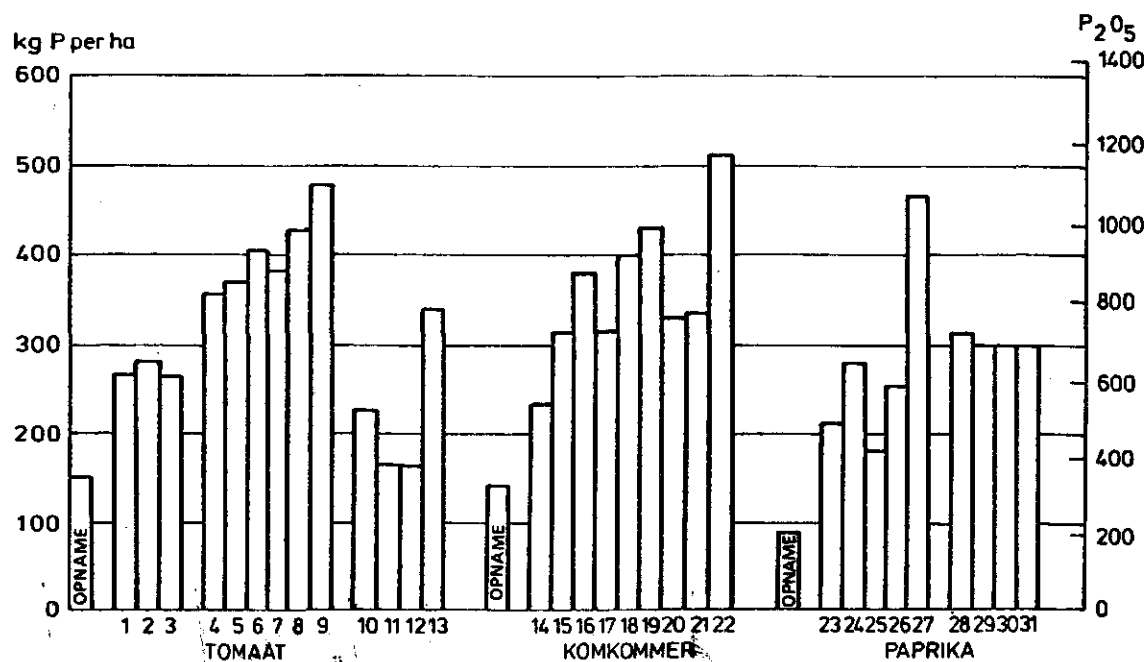


Fig. 6. Fosfaatbemesting op de bedrijven en het niveau van de opname door het gewas

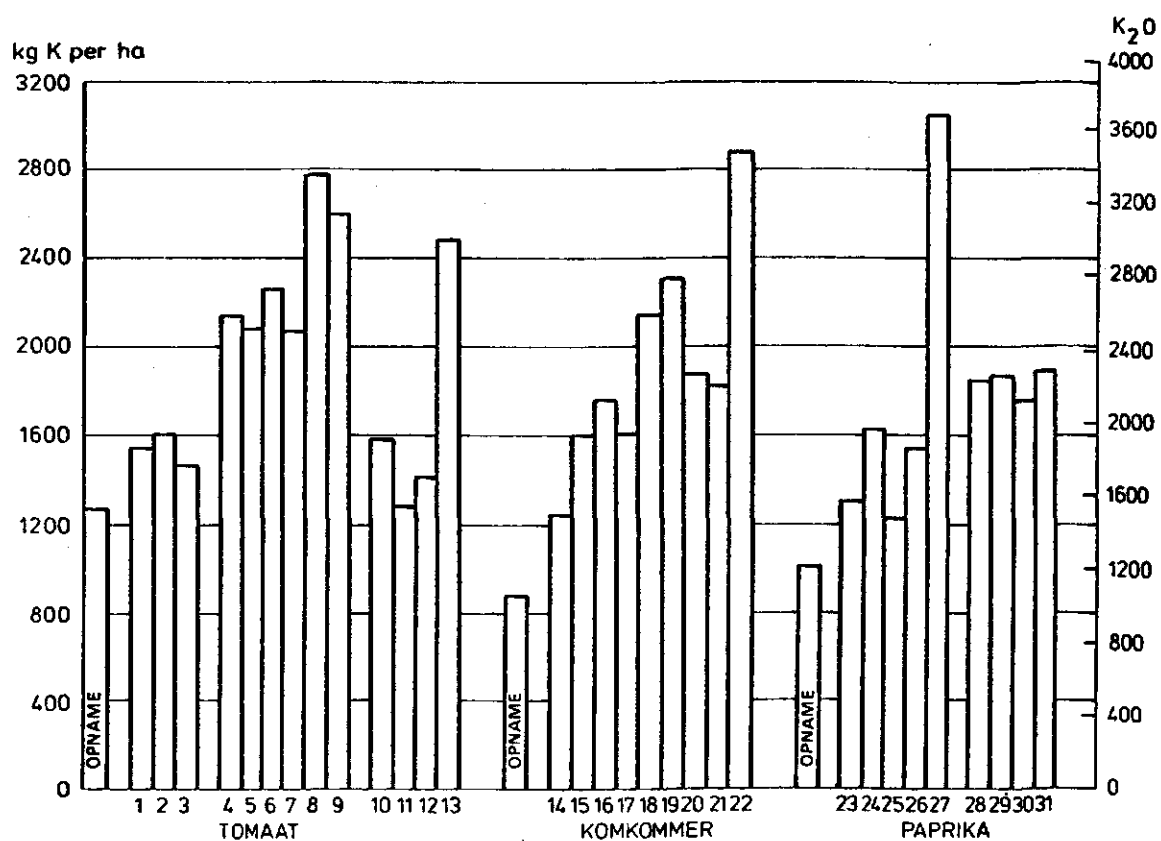


Fig. 7. Kaliumbemesting op de bedrijven en het niveau van de opname door het gewas



Voor de bedrijven met recirculatie (nr. 1, 2 en 3 voor tomaat, nr. 23 t/m 27 voor paprika) zou een redelijke overeenstemming tussen de bemesting en de gewasopname mogen worden verwacht. In par. 4.1 is echter al opgemerkt dat op de paprikabedrijven met recirculatie aanzienlijke waterverliezen optraden door het overlopen van de goten als gevolg van wortelgroei buiten de steenwol. Met het water ging natuurlijk ook kunstmest verloren. Vandaar dat de toevoer van N, P en K op deze bedrijven groter was dan de opname door het gewas. Vooral op bedrijf nr. 27 moeten op deze wijze grote verliezen zijn opgetreden.

Verliezen door het overlopen van goten of door lekkage zijn op de drie tomatenbedrijven met recirculatie niet geconstateerd. Toch was blijkens de fig. 5, 6 en 7 de gewasopname ook op dié bedrijven kleiner dan de toevoer via kunstmest, vooral voor de mineralen N en P. Mogelijk was de werkelijke opname door dit op substraat geteelde gewas groter dan de in de fig. 5, 6 en 7 aangegeven opname die immers berust op gegevens voor een in de grond geteeld tomatengewas. Ook kunnen voor N en P respectievelijk denitrificatie en vastlegging in de vorm van slecht oplosbaar fosfaat van invloed zijn geweest. Tenslotte moet niet geheel worden uitgesloten dat toch zekere verliezen door lekkage van het recirculatiesysteem zijn opgetreden. Meer duidelijkheid ten aanzien van deze punten is gewenst. Daartoe zijn onder meer goede gegevens over de opname van mineralen door op substraat geteelde gewassen nodig.

Na de bespreking van de fig. 1, 2 en 4 in de paragrafen 4.1, 4.2 en 5.2 behoeven de fig. 5, 6 en 7 weinig nadere toelichting. Zoals mocht worden verwacht was de toevoer van N, P en K sterk gecorreleerd met het waterverbruik en het bruto kunstmestverbruik. Op de drie tomatenbedrijven met recirculatie (nr. 1, 2 en 3) werd gemiddeld per ha 900 kg N, 275 kg P en 1550 kg K bemest. Op drie tomatenbedrijven met een doorspoeling van gemiddeld 20% (nr. 4, 5 en 6) waren de hoeveelheden N, P en K per ha respectievelijk 1250 kg, 375 kg en 2150 kg. Op de drie bedrijven met tomaten op veen en een geringe doorspoeling (nr. 10, 11 en 12) was dit voor N, P en K per ha respectievelijk 950 kg, 175 kg en 1400 kg.

Op het komkommerbedrijf met het lage doorspoelpercentage van 13%

(nr. 14) was de bemesting met circa 1000 kg N per ha toch nog altijd bijna het dubbele van de opname door het gewas. Op bedrijf nr. 22 met een doorspoelpercentage van gemiddeld 45% was de N-bemesting zelfs bijna het viervoudige van de gewasopname. Voor P was de verhouding tussen bemesting en gewasopname vergelijkbaar met die voor N. Voor K was die verhouding kleiner. Overigens gold voor het gewas komkommer evenals voor tomaat dat de gewasopname gegevens niet op het huidige onderzoek waren gebaseerd en daarom met de nodige voorzichtigheid moeten worden gebruikt.

Opvallend bij het paprikagewas was de kleine opname van P, zowel in verhouding tot de bemesting als in vergelijking met de opname van P door het tomaten- en het komkommergewas. De meest extreme situatie deed zich voor op bedrijf nr. 27 waar de bemesting het vijfvoudige van de gewasopname beliep.

## 6. NADERE UITWERKING EN INTERPRETATIE VAN GEGEVENS

### 6.1. Stikstof-, fosfaat- en kaliumconcentraties in druppelwater

In tabel 5 zijn gegevens over de gemiddelde concentraties van de drie hoofdvoedingselementen in het druppelwater opgenomen. De concentraties zijn afgeleid uit het totale verbruik van respectievelijk N-, P- en K-bevattende kunstmeststoffen en het totale waterverbruik. Voor die bedrijven waarvoor géén gegevens met betrekking tot het waterverbruik door directe meting beschikbaar waren (nr. 1, 9, 12, 20, 21, 22 en 31) zijn geen gegevens in tabel 5 opgenomen. In de tabel zijn ook gegevens met betrekking tot de basissamenstelling van de voedingsoplossing voor de onderscheiden gewassen volgens SONNEVELD en VAN DER WEES (1981, 1982a, 1982b) en volgens SONNEVELD en BOERTJE (1981) opgenomen.

Bij de beoordeling van de gegevens in tabel 5 moet worden bedacht dat de berekende concentraties afhankelijk zijn van het gemeten waterverbruik op de bedrijven. Een bepaalde fout in die laatste meting leidt tot een verhoudingsgewijs even grote fout in de berekende concentraties. Het is echter niet aannemelijk dat dergelijke problemen

Tabel 5. Concentraties in het druppelwater volgens richtlijnen met betrekking tot de basissamenstelling van voedingsoplossingen en berekend uit het kunstmest- en waterverbruik

teelt/bedrijf		$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ mmol.dm <sup>-3</sup>		$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ mmol.dm <sup>-3</sup>		$\text{K}^+$ mmol.dm <sup>-3</sup>	
		basis- samenst.	berekend	basis- samenst.	berekend	basis- samenst.	berekend
tomaat in steenwol	2	11,0	10,9	1,5	1,5	7,0	6,8
	3		10,3		1,4		6,2
	4		11,5		1,5		7,1
	5		11,2		1,4		6,4
	6		10,5		1,6		6,3
	7		9,2		1,4		6,6
	8		12,9		1,5		7,7
tomaat in veen	10	11,0	9,5	1,0	1,0	6,5	5,5
	11		8,4		0,7		4,3
	13		9,9		1,0		5,9
komkommer in steenwol	14	12,25	9,1	1,25	1,0	5,5	4,1
	15		10,2		1,2		4,7
	16		9,3		1,3		4,7
	17		9,4		1,1		4,6
	18		11,4		1,2		5,1
	19		11,4		1,2		5,1
paprika, recircu- latie	23	12,25	9,9	1,25	1,1	6,5	5,1
	24		12,1		1,3		6,1
	25		9,6		0,8		4,4
	26		11,2		1,2		5,7
	27		11,9		1,3		6,3
paprika, drainage	28	12,25	12,6	1,25	1,3	6,0	6,1
	29		11,3		0,9		5,3
	30		10,2		1,1		5,0

van veel invloed zijn geweest. De watermeters werden immers op de meeste bedrijven nagemeten (zie par. 3.1).

Enkele uitzonderingen daargelaten (nr. 8 en 28) waren de uit het water- en meststoffenverbruik berekende gemiddelde concentraties lager dan de concentraties volgens de basissamenstelling. In het algemeen zal er een wisselwerking zijn tussen de kwaliteit van het basiswater, de doorspoeling en de mestdosering. Wanneer bijvoorbeeld in een gegeven situatie de kwaliteit van het basiswater verslechtert door gebruik van  $\text{Na}^+$ - en  $\text{Cl}^-$ -houdend drinkwater zal dit een verhoging van de EC in het wortelmilieu tot gevolg hebben. Als reactie hierop zal de mestdosering dan worden verlaagd en/of de doorspoeling worden opgevoerd. Bij verlaging van de mestdosering komen de concentraties in het druppelwater dan beneden de concentraties volgens de basissamenstelling te liggen. Wanneer aan de andere kant in een gegeven situatie steeds water van goede kwaliteit ter beschikking staat maar er toch naar verhouding veel wordt doorgespeeld (bijvoorbeeld doordat de tuinder zich daarvan niet bewust is) kan dit leiden tot (te) lage concentraties in het wortelmilieu. Als reactie hierop zal de mestdosering dan worden verhoogd, zodat de concentraties dicht bij die volgens de basissamenstelling zullen liggen. Een en ander kan door de volgende twee voorbeelden worden geïllustreerd.

Het eerste voorbeeld betreft de bedrijven nr. 10 en 11 met tomaat op veensubstraat. Op deze bedrijven werd zeer bewust relatief weinig water verstrekt en weinig doorgespoeld (zie fig. 1) uit vrees voor zuurstofgebrek in het wortelmilieu. Om daarbij de EC in het substraat te beperken werd minder mest gedoseerd, vooral in perioden waarin de waterbehoefte gedeeltelijk door gebruik van leidingwater werd gedekt. Dit heeft tot een relatief laag mestverbruik en tot relatief lage berekende concentraties in tabel 5 geleid.

Het tweede voorbeeld heeft betrekking op de bedrijven nr. 14 t/m 19 met komkommer op steenwol. In de volgorde van nummering nam de doorspoeling toe van 13% op bedrijf nr. 14 tot 48% op bedrijf nr. 19 (zie fig. 1). De gegevens in tabel 5 lijken erop te wijzen, dat de concentraties in het druppelwater in die volgorde eveneens toenamen. In dit geval zou de verklaring kunnen zijn dat, om optimale concen-

traties in de steenwolmat te handhaven, een hogere dosering van meststoffen noodzakelijk was naarmate meer doorspoeling plaatsvond.

De invloeden van doorspoeling en waterkwaliteit op de mestdosering waren natuurlijk niet beperkt tot de twee nader uitgewerkte voorbeelden. In feite speelden deze factoren op alle bedrijven mee. Met betrekking tot het tweede voorbeeld rijst wel de vraag naar de oorzaak van de zeer grote verschillen in doorspoeling. Grote verschillen in doorspoeling waren overigens niet voorbehouden aan de bedrijven met komkommer op steenwol. Daarom zal aan dit aspect in de volgende paragrafen nader aandacht worden besteed.

## 6.2. Chloride- en natriumconcentraties in druppel-, mat- en drainwater

Op twee bedrijven werden redelijk gedetailleerde gegevens verkregen over het verloop van de  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties in het druppelwater, in de steenwolmat en in het drainagewater. Ook het verloop van het regenwater- en drinkwaterverbruik was bekend. In deze paragraaf worden die gegevens voor beide bedrijven (nr. 7 en 16) nader uitgewerkt.

Gegevens met betrekking tot de  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties in het druppelwater en in de mat, alsmede de doorspoeling zijn voor beide bedrijven verwerkt in fig. 8. De concentraties in het druppelwater werden per decade berekend uit de van de tuinder verkregen gegevens over het regenwater- en drinkwaterverbruik en uit de  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties in beide watersoorten (tabel 1). Gegevens over de concentraties in de mat werden van de tuinder verkregen. Voor bedrijf nr. 7 ontbreken in fig. 8 de gegevens over de doorspoeling voor de derde decade van juli en de gehele maand augustus.

Uit fig. 8 blijkt voor bedrijf nr. 16 een duidelijke samenhang tussen druppelwaterkwaliteit, concentraties in de steenwolmat en doorspoeling. Bijmenging van leidingwater met  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties van respectievelijk  $2,5 \text{ mmol.dm}^{-3}$  en  $4,5 \text{ mmol.dm}^{-3}$  vanaf de derde decade van april resulteerde in een stijging van vooral de  $\text{Na}^+$ -concentratie in de mat. Dit had tot gevolg dat de doorspoeling werd opgevoerd van circa 10% in april tot gemiddeld circa 40% in

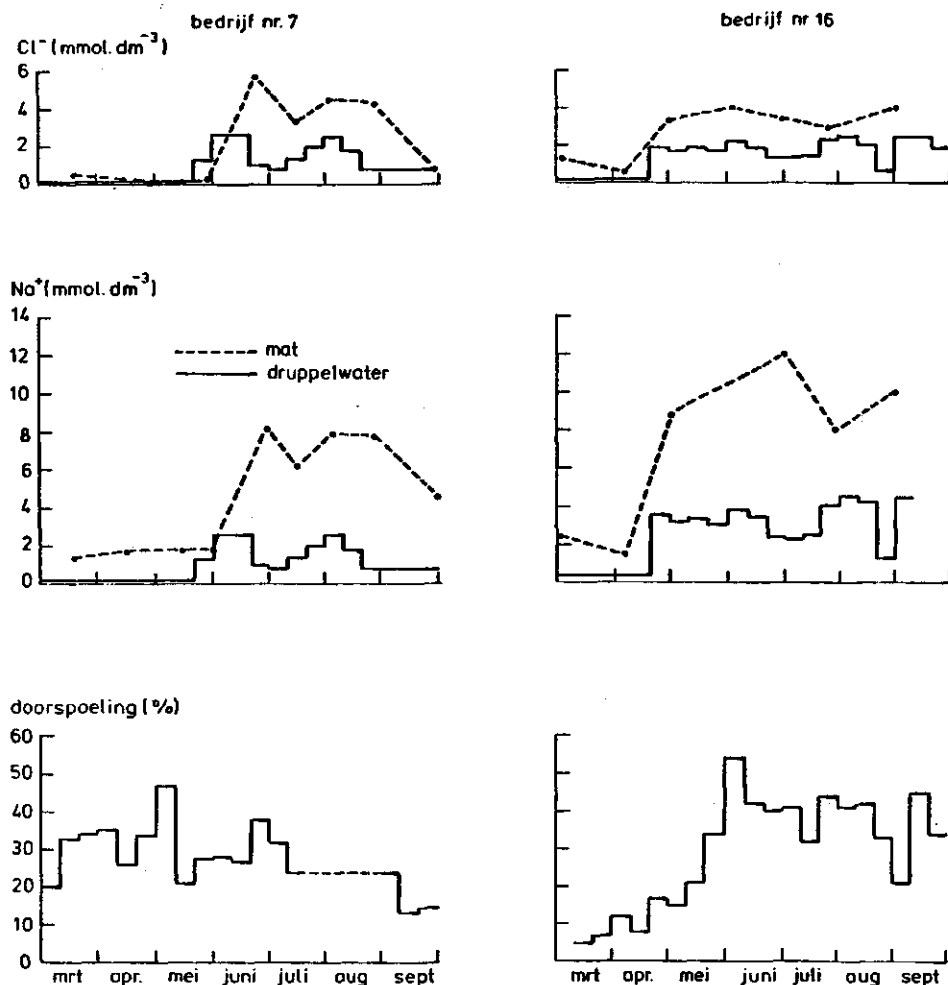


Fig. 8. Verloop van de chloride ( $\text{Cl}^-$ ) en natrium ( $\text{Na}^+$ )-concentraties in het druppelwater en in de mat en de doorspoeling voor respectievelijk de bedrijven nr. 16 en 7

de periode juni-september. De gemiddelde  $\text{Na}^+$ -concentratie in de mat gedurende die periode lag in de orde van 8 à 10  $\text{mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  en was dus bij benadering een factor 2,5 hoger dan de gemiddelde concentratie in het druppelwater in diezelfde periode. De 'indikking' van het druppelwater in de mat met een factor 2,5 voor wat  $\text{Na}^+$  betreft was in overeenstemming met een doorspoeling van 40%, indien tenminste werd aangenomen dat de opname van  $\text{Na}^+$  door het gewas géén rol van betekenis speelde. Voor  $\text{Cl}^-$  was de gemiddelde concentratie in de periode juni-september in het druppelwater circa 2  $\text{mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Zonder opname van  $\text{Cl}^-$  door het gewas zou dan in de mat bij een gemiddelde

doorspoeling van 40% een gemiddelde Cl<sup>-</sup>-concentratie van circa 5 mmol.dm<sup>-3</sup> verwacht mogen worden. De werkelijke concentratie lag in de orde van 3,5 mmol.dm<sup>-3</sup>. Dit zou erop wijzen dat de opname van Cl<sup>-</sup> door het gewas in tegenstelling tot de opname van Na<sup>+</sup> wèl van betekenis was.

Op bedrijf nr. 7 werd tot de derde decade van mei alléén regenwater gebruikt. Daarna werd leidingwater bijgemengd. Dit had géén duidelijke invloed op de doorspoeling die overigens met circa 30% in de periode met gebruik van alléén regenwater al relatief groot was. In de periode juni-augustus was de gemiddelde doorspoeling in de orde van 25 à 30%. Het druppelwater werd in de mat dus 'ingedikt' met een factor in de orde van vier. Dit was in overeenstemming met de gemiddelde Na<sup>+</sup>-concentraties in het mat- en druppelwater van respectievelijk circa 8 mmol.dm<sup>-3</sup> en circa 2 mmol.dm<sup>-3</sup>. Deze gegevens bevestigden ook dat de opname van Na<sup>+</sup> door het gewas niet van veel betekenis kan zijn geweest. Voor Cl<sup>-</sup> moet de gewasopname weer wèl van belang zijn geweest omdat de concentraties in het druppelwater en in de mat minder dan een factor vier verschilden.

De gegevens voor beide bedrijven wijzen dus in de richting van een naar verhouding grotere opname door het gewas van Cl<sup>-</sup> dan van Na<sup>+</sup>. Het is wenselijk dit bij eventueel vervolgonderzoek ook door gewasanalyse te bevestigen.

### 6.3. W a t e r v e r b r u i k b e p a l e n d e f a c t o r e n

#### 6.3.1. Invloed van meting van afvoer van drainagewater

Op vijf bedrijven (nr. 4, 5, 10, 11 en 12) werd zowel de watergift als de afvoer van drainagewater uit de steenwolmat of het veensubstraat dagelijks gemeten. Aan de hand van deze gegevens werd de waterverstrekking bijgesteld, waarbij natuurlijk ook rekening werd gehouden met de kwaliteit van het basiswater en de EC in het substraat. Uit fig. 1 blijkt dat op deze bedrijven met tomaat de doorspoeling bij de teelt op steenwol (nr. 4 en 5) in de orde van 15 tot 20% lag en bij de teelt op veen (nr. 10, 11 en 12) in de orde van 10 tot 15%. Deze doorspoelpercentages bleken beduidend lager te zijn dan het gemiddelde voor de overige bedrijven met tomaat waar geen meting van de drainage-afvoer plaatsvond (nr. 6, 7, 8, 9 en 13). Op die

laatste bedrijven vond de waterverstrekking plaats op basis van de vochtigheid van het substraat (beoordeling op gevoel), op basis van de waterstand in de goot (nr. 9, zie tabel 1) of op basis van andere (subjectieve) beoordelingscriteria van de betreffende tuinders.

Metingen van de hoeveelheden drainagewater werden op géén van de negen bedrijven met komkommer op steenwol gedaan. De doorspoeling liep uiteen van circa 13% (nr. 14) tot 45% (nr. 22) en lag gemiddeld net boven de 30%. Voor paprika tenslotte was opsplitsing van de watergift in opname door het gewas en doorspoeling niet mogelijk (zie par. 4.1) zodat voor de betreffende bedrijven (nr. 28 t/m 31) geen conclusies ten aanzien van het doorspoelniveau en de onderlinge verschillen tussen de bedrijven kunnen worden getrokken.

De aangehaalde gegevens voor tomaat en komkommer duiden erop, dat de watergift en daarmee de doorspoeling duidelijk beïnvloed (kunnen) worden door de mate waarin de tuinder hieraan aandacht besteedt. Waar géén opvang en meting van drainagewater plaatsvindt zal in het algemeen de neiging bestaan aan de veilige kant te gaan zitten en ruim water te geven. Dit wordt bovendien in de hand gewerkt door de relatief kleine bufferende werking van het wortelmilieu bij teelt in substraat in vergelijking met de situatie bij teelt in de grond.

In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de invloed van de waterkwaliteit en het teeltsysteem op het waterverbruik. Het is van belang erop te wijzen dat deze beide factoren niet los van elkaar staan en dat bovendien de in deze paragraaf besproken factor 'aandacht van de tuinder' steeds meespeelt.

#### 6.3.2. Invloed van de waterkwaliteit

De invloed van de waterkwaliteit op de doorspoeling en dus op het waterverbruik kan niet los worden gezien van andere factoren, zoals bijvoorbeeld van de aspecten die in de vorige paragraaf aan de orde waren. Algemeen kan worden gesteld dat een grotere invloed van de  $\text{Cl}^-$ - en/of  $\text{Na}^+$ -concentraties op de doorspoeling verwacht mag worden op dié bedrijven waar veel aandacht aan de afstemming van de watergift op de waterbehoefte wordt besteed (bijvoorbeeld door opvang en meting van de hoeveelheid drainagewater) dan op bedrijven waar dit niet het geval is en waar dus de waterverstrekking steeds aan de



ruime kant plaatsvindt. De in fig. 8 verwerkte en in par. 6.2 besproken gegevens voor de bedrijven nr. 16 en 7 laten dit zien. Op bedrijf nr. 16 kan van een grote invloed gesproken worden, vooral ook omdat aanvankelijk bij gebruik van alléén regenwater slechts circa 10% werd doorgespoeld. Op bedrijf nr. 7 daarentegen had overschakeling op gedeeltelijk gebruik van leidingwater geen invloed op de doorspoeling omdat die daarvóór al op circa 30% lag. Uit dit voorbeeld blijkt dus dat een verhoging van de  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties van het basiswater al dan niet van invloed is op de doorspoeling, afhankelijk van het niveau van doorspoeling in de voorafgaande periode. Overigens is tijdens het onderzoek gebleken, dat er in de praktijk behoefte is aan nadere gegevens over de relatie tussen de  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties in het wortelmilieu en de produktie bij teelten op substraat.

Uit het onderzoek zijn nog een paar andere punten van belang naar voren gekomen. Op bedrijf nr. 11 met tomaat op veen werd behalve drinkwater ook oppervlaktewater bijgemengd. Dit had tot gevolg dat de  $\text{Cl}^-$ -concentratie in het veensubstraat opliep tot  $12 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Uit vrees voor het optreden van zuurstofgebrek in het wortelmilieu bleef de doorspoeling toch sterk beperkt (zie fig. 1). Dit is een probleem bij teelt op veen, vooral dáár waar door ruimtegebrek slechts een bassin van beperkte omvang kan worden aangelegd zodat relatief veel suppletiewater van niet-optimale kwaliteit zal moeten worden gebruikt.

Op twee bedrijven met paprika bij recirculatie (nr. 24 en 25) werd bij bijmenging van leidingwater de gehele recirculerende watervolume ververst wanneer de  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties tot een bepaalde hoogte waren opgelopen. Er werd echter geen goed beeld gekregen omdat, zoals eerder opgemerkt, er op deze bedrijven aanzienlijke verliezen van water moeten zijn opgetreden als gevolg van het overlopen van de goten. Alleen dáárdoor al bleef de accumulatie van  $\text{Cl}^-$  en  $\text{Na}^+$  in het recirculerende water beperkt.

Een speciaal geval tenslotte was bedrijf nr. 9. Daar bleek ook bij gebruik van regenwater extra doorspoeling noodzakelijk te zijn in verband met de hoge zinkconcentraties in de vanaf het kasdek afgevoerde neerslag.

### 6.3.3. Invloed van het teeltsysteem

In principe moet op bedrijven met recirculatie een hoge efficiëntie van het water- en meststoffenverbruik bereikt kunnen worden. Dit was ook het geval bij de bedrijven met recirculatie bij tomaat (nr. 1, 2 en 3) maar niet bij de bedrijven met recirculatie bij paprika (nr. 23 t/m 27), waar door het overlopen van de goten aanzienlijke hoeveelheden water en kunstmest verloren moeten zijn gegaan, vooral op bedrijf nr. 27 (zie fig. 1).

Afgezien van de bedrijven met paprika liep de gemiddelde doorspoeling voor de bedrijven met een drainagesysteem uiteen van 10% (nr. 10) tot 45% (nr. 22). Bij tomaat op steenwol was dit minimaal 17% en maximaal 33%, bij komkommer op steenwol minimaal 13% en maximaal 45% en bij tomaat op veen minimaal 10% en maximaal 40%. De aandacht van de tuinder voor de watervoorziening is in par. 6.3.1 al als belangrijke factor naar voren gebracht. De mogelijkheden die het teeltsysteem biedt om de efficiëntie van het water- en mestverbruik te verhogen en de verschillen die er wat dit betreft tussen teeltsystemen bestaan komen daardoor niet duidelijk uit de verf, afgezien van enkele gevallen. Zo bleek het lage doorspoelpercentage van 13% op bedrijf nr. 14 samen te hangen met het teeltsysteem (steenwolstrook in aflopende goot, code ssag, zie tabel 1). Het teveel aan water bij bepaalde planten kwam in de goot terecht en kon dan weer door andere planten met een tekort worden benut.

Er werd wat dit betreft óók een verschil verwacht tussen enerzijds bedrijven met teelt op omwikkelde steenwol met een horizontale drainsnede op enkele cm afstand boven de onderzijde van de mat (systeem ssih) en anderzijds de bedrijven met omwikkelde steenwol met een verticale drainsnede (ssiv). Immers, in het eerste geval is de buffering in de mat groter doordat onderin een laagje water blijft staan. De resultaten van het onderzoek wijzen echter niet uit dat dit van invloed is geweest op het waterverbruik.

### 6.4. M i n i m a a l n o o d z a k e l i j k e d o o r s p o e l i n g

Op één bedrijf (nr. 4) met tomaat waar zowel de watergift als de hoeveelheid drainagewater werden gemeten, werd aanvankelijk een doorspoeling van 10% nagestreefd. In de loop van de maand mei manifesteerden

zich verschillende negatieve effecten: het geleidingsvermogen in de steenwolmat varieerde sterk van plaats tot plaats in de kas en op een aantal plaatsen trad neusrot op als gevolg van een te hoge zouttoestand in het wortelmilieu. Daarom werd toen de doorspoeling verhoogd tot circa 20% waarna genoemde problemen verdwenen.

Op één bedrijf (nr. 10) met tomaat op veen werd gedurende de gehele teeltperiode een doorspoeling van circa 10% aangehouden. Daarbij hebben zich géén merkbare problemen voorgedaan. Wel werd de dosering van geconcentreerde mestoplossing verminderd wanneer bij gebruik van leidingwater de concentratie in het substraat de neiging had te stijgen (zie ook paragraaf 6.1 en tabel 5).

Uit deze twee voorbeelden mag de voorlopige en voorzichtige conclusie worden getrokken dat bij teelt van tomaat op steenwol bij gebruik van water van goede kwaliteit een doorspoeling van 15 tot 20% minimaal noodzakelijk is. Daardoor worden dan ongelijkmatigheden in de watergift tussen individuele druppelaars en verschillen in het vochthoudend vermogen van de steenwol van plaats tot plaats ondervangen. Bij de teelt van tomaat op veensubstraat zou wellicht kunnen worden volstaan met een doorspoeling van slechts 10% mits tenminste het voor suppletie gebruikte drinkwater van relatief goede kwaliteit is en mits de verschillen in watergift tussen individuele druppelaars klein zijn. Overigens is nader onderzoek naar de minimaal noodzakelijke doorspoeling wenselijk, een en ander in samenhang met onderzoek naar de maximaal aanvaardbare  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties in het wortelmilieu als gesuggereerd in par. 6.2.

#### 6.5. Kosten aspecten van bemesting en W a t e r v o o r z i e n i n g

In het diagram van fig. 9 zijn de kosten van aankoop van kunstmest per ha verwerkt. De kosten zijn exclusief btw en exclusief de kosten voor de micro-elementen ijzer (Fe), mangaan (Mn), zink (Zn), borium (B), koper (Cu) en molybdeen (Mo). De kosten zijn berekend op basis van het prijspeil in 1982. De kosten per ha blijken uiteen te lopen van minimaal circa f 7000,- (nr. 10 en 11) tot maximaal circa f 19 000,- (nr. 22 en 27).

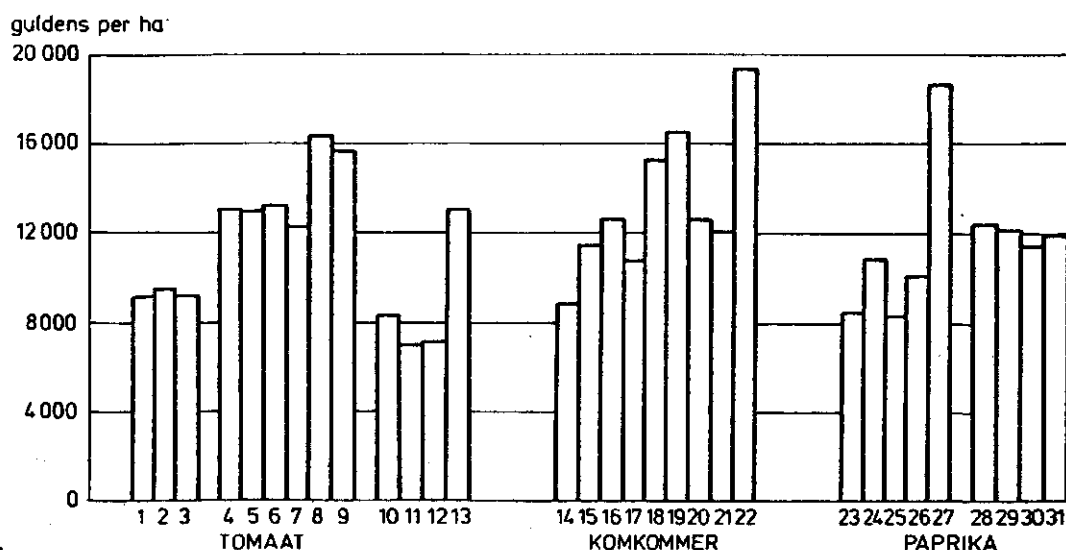


Fig. 9. Kosten van aankoop van meststoffen op de bedrijven, prijspeil 1982, exclusief btw en spore-elementen

Uit de totale kosten volgens fig. 9 en het totale kunstmestverbruik volgens fig. 4 kon worden berekend dat de gemiddelde kg-prijs van de gebruikte kunstmeststoffen in de orde van f 1,-- lag. Op de bedrijven nr. 16 en 19 lag de gemiddelde kg-prijs circa 10% lager. Dit hield verband met de hoge  $\text{HCO}_3^-$ -concentratie in het leidingwater dat op deze bedrijven voor suppletie werd gebruikt. Het bicarbonaat werd geneutraliseerd met  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (37%) en  $\text{HNO}_3$  (37%). De kg-prijs van deze zuren was relatief laag en dit werkte uiteraard door in de gemiddelde kg-prijs voor het totale kunstmestverbruik.

Gezien de verschillen tussen de bedrijven, bijvoorbeeld voor wat betreft de watervoorziening (regenwater/drinkwater of osmosewater) en de bassingrootte (zie tabel 1), is het niet mogelijk op eenzelfde simpele manier de kosten van de watervoorziening te berekenen. Wel is het mogelijk globaal aan te geven wat de kosten zijn die samenhangen met verliezen aan water en kunstmest als gevolg van onnodige doorspoeling. Deze globale berekening heeft betrekking op de situatie in het Westland voor bedrijven met een regenwater bassin van beperkte omvang (500 tot 1000 m<sup>3</sup> per ha glas) en suppletie vanuit het drinkwaterleidingnet bij een tekort aan neerslag. Als eerste benadering wordt aangenomen dat, in 'normale' jaren en zeker in jaren met minder dan de 'normale' hoeveelheid neerslag in het zomerhalfjaar, elke

onnodig aan het gewas verstrekte en dus doorgespoelde  $\text{m}^3$  water via suppletie moet worden betrokken. Met andere woorden: elke onnodig teveel doorgespoelde  $\text{m}^3$  water is een  $\text{m}^3$  drinkwater. In een brochure van de Werkgroep Watervoorziening Tuinbouw Westland (1983) is aangegeven dat een  $\text{m}^3$  drinkwater in het leveringsgebied van de WDM in 1984 in de orde van f 2,50 à f 3,-- zal kosten. Voor de periode na 1986 zal dit zijn gestegen tot f 3,-- à f 3,50.

De kosten aan kunstmest per  $\text{m}^3$  water kunnen worden afgeleid door de totale kosten per ha in fig. 9 te delen door het totale waterverbruik in fig. 2 (waarbij 1 mm overeenkomt met  $10 \text{ m}^3$  per ha). Op bedrijven met tomaat op veen resulteerde dit in bedragen van f 1,-- à f 1,25 aan kunstmest per  $\text{m}^3$  water. Op de bedrijven met tomaat, komkommer of paprika op steenwol liep dit uiteen van f 1,25 tot f 1,75 aan kunstmest per  $\text{m}^3$  water.

Als nu gerekend wordt met een  $\text{m}^3$ -prijs van water van f 3,-- en met kosten van kunstmest per  $\text{m}^3$  water van f 1,25, dan volgt hieruit dat elke 100 mm onnodige waterverstrekking en doorspoeling leidt tot onnodige kosten van f 4250,- per ha (f 3000,- voor water en f 1250,- voor kunstmest). Op grond van fig. 1 en 2 kon worden gesteld dat onnodige doorspoeling op sommige bedrijven (nr. 13, 18, 22, 27) waarschijnlijk wel in de orde van 200 tot 300 mm heeft gelegen. Voor die bedrijven moet het dus gesteld worden op f 8500,- tot f 12 750,- per ha.

Bovenstaande berekening is natuurlijk slechts zeer 'globaal'. De aanname dat elke onnodig doorgespoelde  $\text{m}^3$  water als een  $\text{m}^3$  leidingwater beschouwd moet worden is niet geheel juist, zeker niet in de jaren met een meer dan normale en regelmatig over het zomerhalfjaar verdeelde neerslag. Wat dit betreft leidt de gevolgde redenering tot een overschatting van de kosten. Aan de andere kant zijn de kosten onderschat doordat noch de btw bij aankoop van meststoffen, noch de kosten van meststoffen ter voorziening in de behoefte aan micro-elementen zijn meegerekend.

Afgezien van de kosten voor drinkwater en kunstmest moet worden opgemerkt, dat onnodige doorspoeling ook tot een onnodige belasting van het grond- en oppervlaktewater met nutriënten leidt. Een zorgvuldige afstemming van de watervoorziening op de behoefte van het gewas is dus

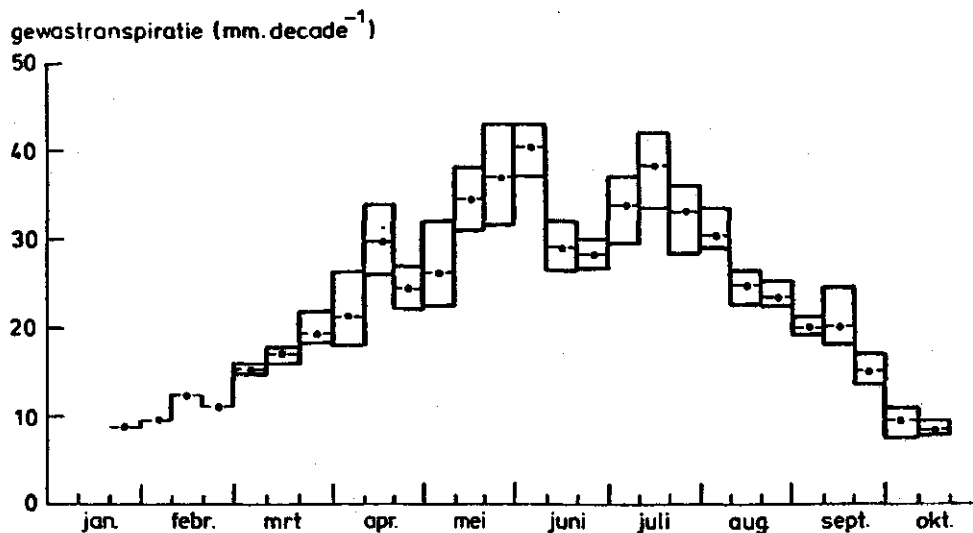
een aspect dat zowel uit het oogpunt van kostenbesparing als uit het oogpunt van het milieu veel aandacht verdient. Dit is temeer het geval nu op grote schaal wordt overgeschakeld van de traditionele teelt in de grond naar de teelt in substraat.

## 7. GEWASVERDAMPING BIJ TOMAAT

### 7.1. Gewasverdamping per decade

Op vier bedrijven met het gewas tomaat (nr. 4, 5, 10 en 11) werden zowel de watergift als de drainage afvoer gekwantificeerd zodat de wateropname door het gewas als het verschil daartussen kon worden berekend. Op bedrijf nr. 3 werd de in het recirculerende systeem gebrachte water hoeveelheid dagelijks genoteerd. Zo werden dus op in totaal vijf bedrijven met tomaat gegevens verkregen over de opname van water door het gewas. Strikt genomen zijn de opname van water door het gewas en de gewasverdamping niet precies aan elkaar gelijk. Immers, een (klein) deel van het opgenomen water wordt in het gewas vastgelegd. In dit hoofdstuk wordt echter verder geen onderscheid gemaakt tussen opname van water en gewastranspiratie of verdamping.

Fig. 10 heeft betrekking op de gewasverdamping per decade. De hoogste en de laagste verdamping zijn aangegeven alsmede het gemiddelde voor de vijf bedrijven. De verschillen tussen de bedrijven bleken in sommige decaden relatief groot te zijn. De verschillen kunnen ten dele systematisch van aard zijn geweest, bijvoorbeeld als gevolg van verschillen in kastype, klimaatregeling en ras. De hoogste en laagste gewasverdampingen hadden echter niet steeds betrekking op dezelfde twee bedrijven. Dit wees erop dat ook niet-systematische verschillen van invloed moeten zijn geweest. In dit verband kan gewezen worden op verschillen in teeltplan (doorteelt op bedrijven nr. 3 en 11, tussenteelt op bedrijven nr. 4, 5 en 10) en op de invloed van bepaalde teeltmaatregelen zoals bijvoorbeeld het periodiek plukken van het blad.



samen met de verwarming van de kas. Hier wordt uitgegaan van een lineair verband tussen  $S$  en de temperatuur  $T_b$  van de buitenlucht. De betreffende relatie is

$$S = \frac{18 - T_b}{18} \quad \text{voor } T_b \leq 18^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$S = 0 \quad \text{voor } T_b > 18^\circ\text{C}$$

Volgens (2) neemt de bijdrage van de kasverwarming voor een volgroeid gewas dus toe van nihil bij een gemiddelde etmaaltemperatuur van de buitenlucht van  $18^\circ\text{C}$  of meer naar  $1 \text{ mm.d}^{-1}$  bij een temperatuur van  $0^\circ\text{C}$ .

De relatie tussen de potentiële en actuele gewastranspiratie wordt geformuleerd als

$$E_a = f \cdot E_p \quad (3)$$

waarin  $f$  een gewasfactor is ( $0 \leq f \leq 1,0$ ). Voor een substraatteelt met volledige bedekking van het grondoppervlak met folie geldt  $f=0$  als géén gewas in de kas aanwezig is. Voor een volgroeid en optimaal verdampend gewas geldt  $f=1,0$ . Voor een nog niet volgroeid gewas of een gewas dat door ouderdom of andere oorzaken niet optimaal verdamt geldt  $f < 1,0$ .

Door combinatie van de vergelijkingen (1) en (2) wordt een relatie verkregen waarmee de potentiële gewasverdamping als functie van de globale straling en de buitenluchttemperatuur kan worden berekend. Dergelijke berekeningen zijn uitgevoerd per decade, uitgaande van de globale straling en temperatuur te Naaldwijk en met  $a = 1,75 \times 10^{-3}$  in vergelijking (1). Het resultaat is weergegeven in fig. 11. Ook is per decade het hoogste gewasverdampingsniveau uit fig. 10 aangegeven. Uit fig. 11 blijkt dat die verdamping redelijk overeenkomt met de berekende potentiële gewasverdamping  $E_p$  vanaf de tweede decade van de maand mei.

In het onderzoek van DE GRAAF (1978) bleek tomaat het stadium van een volgroeid en optimaal verdampend gewas te bereiken bij een gewas-lengte van circa 1,75 m. In het huidige onderzoek werd die gewas-lengte tegen het einde van de maand februari bereikt. Het is dan ook onduidelijk



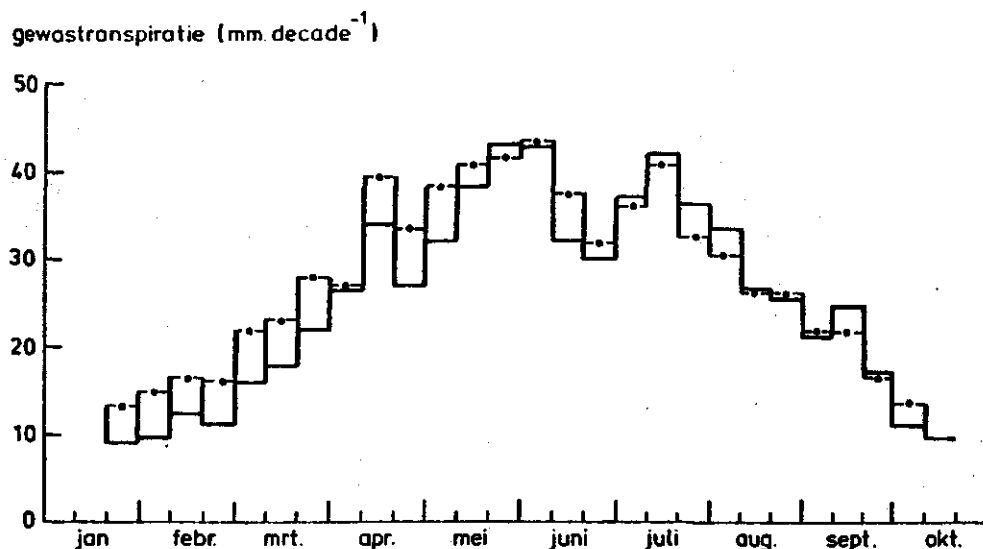


Fig. 11. Gemeten verdamping voor gewas tomaat (—) en berekende verdamping voor een volgroeid gewas (-.-); berekende verdamping gebaseerd op de vergelijkingen (1) en (2) (zie tekst)

waarom de gemeten gewasverdamping in maart, april en de eerste decade van mei nog achterblijft bij de berekende verdamping.

## 7.2. Vergelijking van verdamping bij teelt in grond en in substraat

De verdamping van tomaat op de vijf bedrijven, waarop de vorige paragraaf betrekking had, is vergeleken met de resultaten van lysimeteronderzoek uitgevoerd in 1977 bij de teelt van tomaat in grond (DE GRAAF, 1978). In dit laatstgenoemde onderzoek werd een verdamping van de circa 540 mm gemeten over de periode van 4 januari tot 8 augustus 1977. Over dezelfde periode in 1982 was de gemiddelde verdamping voor de vijf substraatteeltbedrijven circa 500 mm.

Zoals in de vorige paragraaf werd opgemerkt hangt de verdamping nauw samen met de globale straling. Voor de periode van 4 januari tot 8 augustus was de totale globale stralingssom te Naaldwijk in 1977 en 1982 respectievelijk 262 en 303  $\text{kJ.cm}^{-2}$ . Onder vergelijkbare teeltomstandigheden zou dus in 1982 een hogere verdamping verwacht mogen worden dan in 1977. Dit was echter niet het geval.

Als in de relatie tussen straling en verdamping uit het lysimeter-onderzoek van 1977 de stralingsgegevens voor 1982 worden ingevoerd, dan wordt voor de periode van 4 januari tot 8 augustus een verdamping van circa 625 mm berekend. Deze berekende verdamping voor de teelt van tomaat in grond voor 1982 ligt dus circa 25% boven de gemeten gemiddelde gewastranspiratie van circa 500 mm voor de vijf bedrijven met teelt op substraat. Het verschil van circa 125 mm moet waarschijnlijk vooral worden toegeschreven aan de bedekking van de grond met plastic folie in de substraatteelt. Daardoor valt de verdamping vanaf het grondoppervlak (evaporatie) weg. Als tweede factor kan de gewasontwikkeling worden genoemd. Die is bij teelt op substraat in het algemeen minder weelderig dan bij teelt in de grond.

#### 8. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In het teeltseizoen 1981/1982 werden op 31 glastuinbouwbedrijven in het Zuidhollands glasdistrict met teelten van tomaat (13 bedrijven), komkommer (9 bedrijven) en paprika (9 bedrijven) in substraat gegevens over het water- en kunstmestverbruik verzameld. Op vier bedrijven met tomaat vond de teelt in veen plaats, op de overige bedrijven in steenwol. Recirculatiesystemen werden toegepast op drie bedrijven met tomaat en vijf bedrijven met paprika (zie tabel 1).

Zeven bedrijven beschikten over een omgekeerde osmose installatie waarmee de behoefte aan water volledig werd gedekt. De overige bedrijven beschikten over een regenwaterbassin. De bassingrootte liep uiteen van circa 1000 m<sup>3</sup> tot circa 4000 m<sup>3</sup> per ha glas. Wanneer de regenwatervoorraad uitgeput raakte werd drinkwater voor suppletie gebruikt. In het relatief droge zomerhalfjaar van 1982 bleek dat zelfs op de bedrijven met een groot bassin van tijd tot tijd noodzakelijk te zijn.

Op vijf bedrijven met tomaat werd naast het waterverbruik ook de afvoer van drainagewater uit het substraat gemeten. Uit deze gegevens werd de gewasverdamping berekend. Op de bedrijven met komkommer werd alleen het waterverbruik gemeten. De gewasverdamping werd in dit geval berekend door gebruik te maken van een empirische

relatie tussen globale straling en gewasverdamping. Op de negen bedrijven met paprika werd eveneens alléén het waterverbruik gemeten. Op de vijf bedrijven met recirculatie zou dit verbruik bij benadering gelijk moeten zijn aan de gewasverdamping. Er bleken echter aanzienlijke verliezen op te treden door het overlopen van de goten. Dit hing samen met de sterke ontwikkeling van het wortelstelsel buiten de steenwol in het door de goten stromende water.

De resultaten met betrekking tot de waterhuishouding kunnen, onder verwijzing naar hoofdstuk 4 met de fig. 1, 2 en 3, als volgt puntsgewijze worden samengevat.

- Het waterverbruik op de 13 bedrijven met tomaat over de periode van 1 januari tot 20 oktober liep uiteen van circa 625 mm tot circa 1050 mm bij een gewasverdamping in de orde van 625 tot 650 mm, berekend uit metingen van het waterverbruik en de drainage afvoer op vijf bedrijven.
- Het waterverbruik op de negen bedrijven met komkommer liep uiteen van circa 800 mm tot circa 1300 mm bij een gewasverdamping van 600 mm (hoofddeelt gevolgd door nateelt van komkommer) tot 700 mm (doorteeelt van komkommer), zoals werd berekend met behulp van een empirische relatie voor het verband tussen straling en verdamping.
- Het waterverbruik op de negen bedrijven met paprika liep uiteen van circa 600 mm tot circa 1200 mm bij een geschatte gewasverdamping in de orde van 500 à 600 mm.
- De grote verschillen in het waterverbruik resulteerden in grote verschillen in de afvoer van drainagewater. Die afvoer liep uiteen van slechts enkele mm (op bedrijf nr. 3 met tomaat bij recirculatie) tot circa 600 mm oftewel 45% van de watergift (op bedrijf nr. 22 met komkommer).
- Alle 24 bedrijven met een regenwaterbassin en suppletie vanuit het drinkwaterleidingnet hebben in de relatief droge zomer van 1982 ook inderdaad drinkwater moeten gebruiken. De hoeveelheid drinkwater liep uiteen van minder dan 50 mm (op bedrijf nr. 3 en 26) tot circa 600 mm (op bedrijf nr. 18 en 22). De grote verschillen waren het gevolg van enerzijds verschillen in bassingrootte en anderzijds verschillen in doorspoeling.

Naast gegevens over de waterhuishouding werden ook gegevens over het kunstmestverbruik naar hoeveelheid en soort verzameld. Hieruit werd het verbruik per ha voor de verschillende voedings-elementen afgeleid. Gewasbemonstering ter bepaling van de opname van voedingselementen door het gewas bleef beperkt tot één bedrijf met paprika. Schattingen van de opname door het tomaten- en komkommer-gewas werden gebaseerd op gegevens van eerdere onderzoeken. Dit houdt in dat de nodige reserve in acht genomen moet worden ten aanzien van berekeningen van de efficiëntie waarmee de via kunstmest toegediende voedingselementen door het gewas werden benut.

De resultaten met betrekking tot het meststoffenverbruik kunnen, onder verwijzing naar hoofdstuk 5, als volgt puntsgewijze worden samengevat.

- Het bruto kunstmestverbruik was sterk gecorreleerd met het waterverbruik en liep uiteen van circa 7200 kg per ha (op bedrijf nr. 11 met tomaat op veen) tot circa 20 000 kg per ha (op bedrijf nr. 22 met komkommer en bedrijf nr. 27 met paprika).
- Ook het verbruik aan zuivere stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) was sterk gecorreleerd met het waterverbruik.
- De via het druppelwater gedoseerde hoeveelheid stikstof liep uiteen van circa 900 tot circa 2100 kg N per ha bij een gewasopname in de orde van 500 tot 700 kg N per ha.
- De via het druppelwater gedoseerde hoeveelheid fosfaat liep uiteen van circa 175 tot 500 kg P per ha bij een gewasopname in de orde van 100 tot 150 kg per ha.
- De via het druppelwater gedoseerde hoeveelheid kalium liep bij tomaat uiteen van circa 1300 tot 2800 kg K per ha bij een gewasopname in de orde van 1300 kg per ha. Bij komkommer en paprika liep de dosering uiteen van circa 1300 tot circa 3000 kg per ha bij een gewasopname in de orde van circa 900 kg per ha.

Een nadere interpretatie van de gegevens met betrekking tot de water- en mineralenhuishouding heeft geleid tot de volgende conclusies.

- De meest efficiënte benutting van de via de kunstmest toegediende mineralen vond plaats op de bedrijven met tomaat bij recirculatie

(bedrijf nr. 1, 2 en 3) en op de drie bedrijven met tomaat in veen en een laag doorspoelpercentage (bedrijf nr. 10, 11 en 12). In het eerste geval vonden, afgezien van lekkage, geen verliezen via doorspoeling en afvoer van drainagewater plaats. In het laatste geval bleef de doorspoeling beperkt om zuurstofgebrek in het wortelmilieu te voorkomen, waarbij dan de dosering van kunstmest werd gereduceerd om het oplopen van de zoutconcentratie in het wortelmilieu te beperken.

- De doorspoeling en daarmee ook het water- en meststoffenverbruik werd op een aantal bedrijven duidelijk beïnvloed door factoren als het type substraat (veen of steenwol), de kwaliteit van het water ( $\text{Na}^+$ - en  $\text{Cl}^-$ -concentratie) en het teeltsysteem.
- Een zorgvuldige afstemming van de water- en meststoffenvoorziening op de behoefte van het gewas vereist voortdurende aandacht voor dit teeltaspect, onder meer door dagelijkse bepaling van de aan het gewas verstrekte hoeveelheid water en van de uit het substraat stromende hoeveelheid drainagewater. Op bedrijven waar naar verhouding minder aandacht aan dit teeltaspect wordt besteed bestaat de neiging tot overdosering. Dit hangt ten nauwste samen met de geringe buffercapaciteit van het wortelmilieu bij teelt in substraat.
- Een onnodig hoge doorspoeling leidt tot een onnodig hoog water- en kunstmestverbruik. Een globale berekening, gebaseerd op een  $\text{m}^3$ -prijs voor suppletiewater van f 3,-- (Westland) en een kg-prijs voor kunstmest van f 1,-- , wijst uit dat een onnodige doorspoeling van 100 mm ( $1000 \text{ m}^3$  per ha) leidt tot onnodige kosten van f 4000,- à f 4500,- per ha glas.
- Er wordt wel verondersteld dat de overgang van de traditionele teeltwijze in de grond naar de teelt in substraat zou leiden tot een vermindering van het kunstmestverbruik. Dit zou samenhangen met het gebruik van water van betere kwaliteit bij het telen in substraat waardoor de noodzaak tot doorspoeling van het wortelmilieu kleiner zou zijn. Deze veronderstelling wordt niet bevestigd door de resultaten van dit onderzoek. Het gemiddelde bruto kunstmestverbruik op de 19 bedrijven met steenwol en afvoer van het drainagewater lag op circa 13 500 kg per ha. Op de 12 bedrijven met recirculatie of met teelt op veen lag dit in de orde van 9000 kg

per ha. Bij een eerder onderzoek in 1977/1978 op 68 bedrijven met een teelt van tomaat in grond werd een gemiddeld bruto kunstmestverbruik van circa 8000 kg per ha gevonden.

De voorgaande samenvatting van de resultaten en conclusies met betrekking tot het onderzoek leidt tot een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek. Gebleken is dat toepassing van recirculatie of hergebruik van drainagewater kan leiden tot een efficiënt gebruik van water en kunstmest (als tenminste geen lekkage optreedt zoals op de bedrijven met paprika het geval was). Recirculatie moet daarom, zowel vanuit het oogpunt van het verbruik van grond- en hulpstoffen als vanuit het oogpunt van de belasting van het milieu met nutriënten, positief beoordeeld worden. Toepassing van recirculatiesystemen vindt in de praktijk niet of nauwelijks plaats. Dit hangt samen met problemen van zowel praktische als meer fundamentele aard. Daaraan zal in het onderzoek aandacht moeten worden besteed. Zonder volledigheid na te streven kunnen in dit verband worden genoemd:

- onderzoek naar de verspreiding van ziektekiemen via de recirculerende voedingsoplossing en naar de mogelijkheden dit tegen te gaan, bijvoorbeeld door desinfectie;
- vergelijkend onderzoek naar de kwalitatieve en kwantitatieve produktie bij recirculatiesystemen en bij systemen met afvoer van het drainagewater, een en ander om de geluiden vanuit de praktijk als zou recirculatie tot lagere produktie leiden op hun juistheid te kunnen beoordelen;
- onderzoek naar de mogelijkheden en beperkingen van gebruik van suppletiewater met  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties in de orde van 2 à 3  $\text{mmol.dm}^{-3}$  in recirculatiesystemen;
- onderzoek naar de mogelijke invloed van wortellexudaten in de recirculerende voedingsoplossing.

Zolang de vragen met betrekking tot recirculatie niet beantwoord en de problemen opgelost zijn zal de nadruk in de praktijk volledig blijven liggen op systemen met afvoer van drainagewater. Ook bij dié systemen liggen nog een aantal vragen en problemen die te maken hebben met de efficiëntie van het water- en meststoffenverbruik. In dit verband kunnen worden genoemd:

- onderzoek naar het functioneren van bestaande technieken voor automatische verstrekking van voedingsoplossing aan het gewas (Nieuwkooppotje, planten op weegschaal, vochtsensoren, meting van straling);
- onderzoek naar mogelijkheden om op eenvoudige wijze de hoeveelheid drainagewater continu te meten, waarbij tevens gedacht moet worden aan de mogelijkheid om de afvoer van drainagewater (automatisch) terug te koppelen naar de waterversprekking;
- onderzoek naar de minimaal noodzakelijke doorspoeling in afhankelijkheid van de  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties in het basiswater ofte- wel onderzoek naar de relatie tussen  $\text{Cl}^-$ - en  $\text{Na}^+$ -concentraties in het wortelmilieu en de produktie; dit is uiteraard ook bij recirculatiesystemen van belang.

Tenslotte verdient het wellicht aanbeveling ook aandacht te besteden aan systemen met hergebruik van het drainagewater. Dit zou beschouwd kunnen worden als een tussenvorm van het recirculatie- en het drainagesysteem. Bij een systeem met hergebruik van het drainagewater wordt gedacht aan doorspoeling in de orde van 20 à 30% (als bij het 'echte' drainagesysteem) met opvang van het drainagewater en hergebruik daarvan na bijmenging van basiswater en toevoeging van voedingsoplossing (als bij het 'echte' recirculatiesysteem).

## LITERATUUR

- BURG, A.M.M. VAN DER en PH. HAMAKER, 1982. De water en mineralen-huishouding van een bedrijf met een komkommerteelt op steenwol. Intern verslag nr. 41. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk
- GRAAF, R. DE, 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding in het bijzonder het waterverbruik bij een teelt van stooktomaten in 1977. Intern verslag nr. 36. Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk
- HAMAKER, PH. en A.M.M. VAN DER BURG, 1979. De water- en mineralen-huishouding van een glastuinbouwbedrijf op een zandgrond in het Westland in de periode 1977/1978. Nota 1129. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen
- SONNEVELD, C. en A. VAN DER WEES, 1981. Voedingsoplossingen voor de teelt van tomaten in steenwol. Informatiereeks 63. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk
- \_\_\_\_\_ en A. VAN DER WEES, 1982a. Voedingsoplossingen voor de teelt van komkommers in steenwol. Informatiereeks 44. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk
- \_\_\_\_\_ en A. VAN DER WEES, 1982b. Voedingsoplossingen voor de teelt van paprika in steenwol. Informatiereeks 76. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk
- \_\_\_\_\_ en G.A. BOERTJE, 1981. Voedingsoplossingen voor de teelt van tomaten in veen. Informatiereeks 72. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk
- WERKGROEP WATERVOORZIENING TUINBOUW WESTLAND, 1983. De watervoorziening voor de tuinbouw in het Westland. Brochure ten behoeve van voorlichting, Tuinbouwstructuurcommissie Zuid-Holland, 's-Gravenhage